

## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

NOTIFICATION OF ELECTION  
(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner  
US Department of Commerce  
United States Patent and Trademark  
Office, PCT  
2011 South Clark Place Room  
CP2/5C24  
Arlington, VA 22202  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE  
in its capacity as elected Office

Date of mailing (day/month/year) 08 February 2001 (08.02.01)	
International application No. PCT/EP00/05337	Applicant's or agent's file reference P032258/WO/1
International filing date (day/month/year) 09 June 2000 (09.06.00)	Priority date (day/month/year) 11 June 1999 (11.06.99)
Applicant KNÖPPEL, Carsten et al	

1. The designated Office is hereby notified of its election made:

in the demand filed with the International Preliminary Examining Authority on:

21 December 2000 (21.12.00)

in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

\_\_\_\_\_

2. The election  was

was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland  Facsimile No.: (41-22) 740.14.35	Authorized officer R. E. Stoffel  Telephone No.: (41-22) 338.83.38
---	---

## ATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTICE INFORMING THE APPLICANT OF THE COMMUNICATION OF THE INTERNATIONAL APPLICATION TO THE DESIGNATED OFFICES

(PCT Rule 47.1(c), first sentence)

Date of mailing (day/month/year) 21 December 2000 (21.12.00)		<p>To:            KOCHER, Klaus-Peter            DaimlerChrysler AG            Intellectual Property Management            FTP - C106            D-70546 Stuttgart            ALLEMAGNE            FDP            Tel.: .....</p> <p>03. Jan. 2001            UT.,            z. Erledigung      FTP/E      FTP/P      FTP/S            Frist                1/10</p>			
Applicant's or agent's file reference P032258/WO/1		IMPORTANT NOTICE			
International application No. PCT/EP00/05337	International filing date (day/month/year) 09 June 2000 (09.06.00)		Priority date (day/month/year) 11 June 1999 (11.06.99)		
Applicant DAIMLERCHRYSLER AG et al					

1. Notice is hereby given that the International Bureau has communicated, as provided in Article 20, the international application to the following designated Offices on the date indicated above as the date of mailing of this Notice:

US

In accordance with Rule 47.1(c), third sentence, those Offices will accept the present Notice as conclusive evidence that the communication of the international application has duly taken place on the date of mailing indicated above and no copy of the international application is required to be furnished by the applicant to the designated Office(s).

2. The following designated Offices have waived the requirement for such a communication at this time:

EP,JP

The communication will be made to those Offices only upon their request. Furthermore, those Offices do not require the applicant to furnish a copy of the international application (Rule 49.1(a-bis)).

3. Enclosed with this Notice is a copy of the international application as published by the International Bureau on 21 December 2000 (21.12.00) under No. WO 00/77736

**REMINDER REGARDING CHAPTER II (Article 31(2)(a) and Rule 54.2)**

If the applicant wishes to postpone entry into the national phase until 30 months (or later in some Offices) from the priority date, a demand for international preliminary examination must be filed with the competent International Preliminary Examining Authority before the expiration of 19 months from the priority date.

It is the applicant's sole responsibility to monitor the 19-month time limit.

Note that only an applicant who is a national or resident of a PCT Contracting State which is bound by Chapter II has the right to file a demand for international preliminary examination.

**REMINDER REGARDING ENTRY INTO THE NATIONAL PHASE (Article 22 or 39(1))**

If the applicant wishes to proceed with the international application in the national phase, he must, within 20 months or 30 months, or later in some Offices, perform the acts referred to therein before each designated or elected Office.

For further important information on the time limits and acts to be performed for entering the national phase, see the Annex to Form PCT/IB/301 (Notification of Receipt of Record Copy) and Volume II of the PCT Applicant's Guide.

The International Bureau of WIPO 34, chemin des Colombettes 1211 Geneva 20, Switzerland  Facsimile No. (41-22) 740.14.35	Authorized officer  J. Zahra  Telephone No. (41-22) 338.83.38
--	---

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT  
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

**PCT**

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

(Artikel 18 sowie Regeln 43 und 44 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts <b>P032258/W0/1</b>	<b>WEITERES VORGEHEN</b>	siehe Mitteilung über die Übermittlung des internationalen Recherchenberichts (Formblatt PCT/ISA/220) sowie, soweit zutreffend, nachstehender Punkt 5
Internationales Aktenzeichen <b>PCT/EP 00/ 05337</b>	Internationales Anmelde datum (Tag/Monat/Jahr) <b>09/06/2000</b>	(Frühestes) Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) <b>11/06/1999</b>
Anmelder <b>DAIMLERCHRYSLER</b>		

Dieser internationale Recherchenbericht wurde von der Internationalen Recherchenbehörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 18 übermittelt. Eine Kopie wird dem Internationalen Büro übermittelt.

Dieser internationale Recherchenbericht umfaßt insgesamt 2 Blätter.

Darüber hinaus liegt ihm jeweils eine Kopie der in diesem Bericht genannten Unterlagen zum Stand der Technik bei.

**1. Grundlage des Berichts**

- a. Hinsichtlich der **Sprache** ist die internationale Recherche auf der Grundlage der internationalen Anmeldung in der Sprache durchgeführt worden, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die internationale Recherche ist auf der Grundlage einer bei der Behörde eingereichten Übersetzung der internationalen Anmeldung (Regel 23.1 b)) durchgeführt worden.

- b. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale Recherche auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das

in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.

zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.

bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.

Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.

Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfaßten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

2.  Bestimmte Ansprüche haben sich als nicht recherchierbar erwiesen (siehe Feld I).

3.  Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung (siehe Feld II).

**4. Hinsichtlich der Bezeichnung der Erfindung**

wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

wurde der Wortlaut von der Behörde wie folgt festgesetzt:

**5. Hinsichtlich der Zusammenfassung**

wird der vom Anmelder eingereichte Wortlaut genehmigt.

wurde der Wortlaut nach Regel 38.2b) in der in Feld III angegebenen Fassung von der Behörde festgesetzt. Der Anmelder kann der Behörde innerhalb eines Monats nach dem Datum der Absendung dieses internationalen Recherchenberichts eine Stellungnahme vorlegen.

**6. Folgende Abbildung der Zeichnungen ist mit der Zusammenfassung zu veröffentlichen: Abb. Nr. 4**

wie vom Anmelder vorgeschlagen

keine der Abb.

weil der Anmelder selbst keine Abbildung vorgeschlagen hat.

weil diese Abbildung die Erfindung besser kennzeichnet.

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/05337

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G06T7/00 G06T5/00

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G06T

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, INSPEC, EPO-Internal, IBM-TDB

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 874 331 A (FUJI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 28. Oktober 1998 (1998-10-28) Spalte 3, Zeile 38 - Zeile 45 Spalte 9, Zeile 26 - Zeile 28 Spalte 11, Zeile 53 - Spalte 12, Zeile 14 -----	1-4

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

° Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

3. November 2000

13/11/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Chateau, J-P

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 00/05337

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 874331 A	28-10-1998	JP 10285582 A US 6122597 A		23-10-1998 19-09-2000

Absender: MIT DER INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN  
PRÜFUNG BEAUFRAGTE BEHÖRDE

An:

Weiss, Klaus  
DAIMLERCHRYSLER AG  
FTP, C 106  
D-70546 Stuttgart  
ALLEMAGNE

FTP			
Eing.:			
UT.,	22. Aug. 2001		
z. Erledigung	FTP/E	FTP/P	FTP/S
Frist	2. K.		

PCT

MITTEILUNG ÜBER DIE ÜBERSENDUNG  
DES INTERNATIONALEN VORLÄUFIGEN  
PRÜFUNGSBERICHTS

(Regel 71.1 PCT)

Absendedatum  
(Tag/Monat/Jahr) 23.08.2001

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts  
PO32258/WO/1

## WICHTIGE MITTEILUNG

Internationales Aktenzeichen  
PCT/EP00/05337Internationales Anmelddatum (Tag/Monat/Jahr)  
09/06/2000Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr)  
11/06/1999

Anmelder  
DAIMLERCHRYSLER AG

*Soll nationalisiert werden? Ja*

- Dem Anmelder wird mitgeteilt, daß ihm die mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragte Behörde hiermit den zu der internationalen Anmeldung erstellten internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen, übermittelt.
- Eine Kopie des Berichts wird - gegebenenfalls mit den dazugehörigen Anlagen - dem Internationalen Büro zur Weiterleitung an alle ausgewählten Ämter übermittelt.
- Auf Wunsch eines ausgewählten Amtes wird das Internationale Büro eine Übersetzung des Berichts (jedoch nicht der Anlagen) ins Englische anfertigen und diesem Amt übermitteln.

## 4. ERINNERUNG

Zum Eintritt in die nationale Phase hat der Anmelder vor jedem ausgewählten Amt innerhalb von 30 Monaten ab dem Prioritätsdatum (oder in manchen Ämtern noch später) bestimmte Handlungen (Einreichung von Übersetzungen und Entrichtung nationaler Gebühren) vorzunehmen (Artikel 39 (1)) (siehe auch die durch das Internationale Büro im Formblatt PCT/IB/301 übermittelte Information).

Ist einem ausgewählten Amt eine Übersetzung der internationalen Anmeldung zu übermitteln, so muß diese Übersetzung auch Übersetzungen aller Anlagen zum internationalen vorläufigen Prüfungsbericht enthalten. Es ist Aufgabe des Anmelders, solche Übersetzungen anzufertigen und den betroffenen ausgewählten Ämtern direkt zuzuleiten.

Weitere Einzelheiten zu den maßgebenden Fristen und Erfordernissen der ausgewählten Ämter sind Band II des PCT-Leitfadens für Anmelder zu entnehmen.

Name und Postanschrift der mit der internationalen Prüfung beauftragten Behörde

Europäisches Patentamt  
D-80298 München  
Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d  
Fax: +49 89 2399 - 4465

Bevollmächtigter Bediensteter

Corcos, E  
Tel. +49 89 2399-7418



**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM  
GEBIET DES PATENTWESENS**

REC'D 27 AUG 2001

**PCT**

WIPO

PCT

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT**

(Artikel 36 und Regel 70 PCT)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts  PO32258/WO/1	<b>WEITERES VORGEHEN</b>	siehe Mitteilung über die Übersendung des internationalen vorläufigen Prüfungsberichts (Formblatt PCT/IPEA/416)
Internationales Aktenzeichen  PCT/EP00/05337	Internationales Anmelde datum (Tag/Monat/Jahr)  09/06/2000	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Tag)  11/06/1999
Internationale Patentklassifikation (IPK) oder nationale Klassifikation und IPK G06T7/00		
<p>Anmelder  DAIMLERCHRYSLER AG</p> <p>1. Dieser internationale vorläufige Prüfungsbericht wurde von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde erstellt und wird dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt.</p> <p>2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; dabei handelt es sich um Blätter mit Beschreibungen, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit vor dieser Behörde vorgenommenen Berichtigungen (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsrichtlinien zum PCT).</p> <p>Diese Anlagen umfassen insgesamt 22 Blätter.</p> <p>3. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>I    <input checked="" type="checkbox"/> Grundlage des Berichts</li> <li>II    <input type="checkbox"/> Priorität</li> <li>III    <input type="checkbox"/> Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erforderliche Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit</li> <li>IV    <input type="checkbox"/> Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung</li> <li>V    <input checked="" type="checkbox"/> Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erforderlichen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung</li> <li>VI    <input type="checkbox"/> Bestimmte angeführte Unterlagen</li> <li>VII    <input type="checkbox"/> Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung</li> <li>VIII    <input type="checkbox"/> Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung</li> </ul>		

Datum der Einreichung des Antrags  21/12/2000	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  23.08.2001
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde:   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Herter, J  Tel. Nr. +49 89 2399 7478



# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/05337

## I. Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Bestandteile** der internationalen Anmeldung (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigefügt, weil sie keine Änderungen enthalten (Regeln 70.16 und 70.17)*):  
**Beschreibung, Seiten:**

1-13 eingegangen am 08/08/2001 mit Schreiben vom 06/08/2001

### Patentansprüche, Nr.:

1-6 eingegangen am 08/08/2001 mit Schreiben vom 06/08/2001

### Zeichnungen, Blätter:

1/6-6/6 eingegangen am 08/08/2001 mit Schreiben vom 06/08/2001

2. Hinsichtlich der **Sprache**: Alle vorstehend genannten Bestandteile standen der Behörde in der Sprache, in der die internationale Anmeldung eingereicht worden ist, zur Verfügung oder wurden in dieser eingereicht, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.

Die Bestandteile standen der Behörde in der Sprache: zur Verfügung bzw. wurden in dieser Sprache eingereicht; dabei handelt es sich um

- die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen Recherche eingereicht worden ist (nach Regel 23.1(b)).
- die Veröffentlichungssprache der internationalen Anmeldung (nach Regel 48.3(b)).
- die Sprache der Übersetzung, die für die Zwecke der internationalen vorläufigen Prüfung eingereicht worden ist (nach Regel 55.2 und/oder 55.3).

3. Hinsichtlich der in der internationalen Anmeldung offenbarten **Nucleotid- und/oder Aminosäuresequenz** ist die internationale vorläufige Prüfung auf der Grundlage des Sequenzprotokolls durchgeführt worden, das:

- in der internationalen Anmeldung in schriftlicher Form enthalten ist.
- zusammen mit der internationalen Anmeldung in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- bei der Behörde nachträglich in schriftlicher Form eingereicht worden ist.
- bei der Behörde nachträglich in computerlesbarer Form eingereicht worden ist.
- Die Erklärung, daß das nachträglich eingereichte schriftliche Sequenzprotokoll nicht über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung im Anmeldezeitpunkt hinausgeht, wurde vorgelegt.
- Die Erklärung, daß die in computerlesbarer Form erfassten Informationen dem schriftlichen Sequenzprotokoll entsprechen, wurde vorgelegt.

4. Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:

# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER PRÜFUNGSBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP00/05337

- Beschreibung, Seiten:  
 Ansprüche, Nr.: 7-9  
 Zeichnungen, Blatt:

5.  Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der Änderungen erstellt worden, da diese aus den angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2(c)).

*(Auf Ersatzblätter, die solche Änderungen enthalten, ist unter Punkt 1 hinzuweisen; sie sind diesem Bericht beizufügen).*

6. Etwaige zusätzliche Bemerkungen:

## V. Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung

### 1. Feststellung

Neuheit (N)	Ja: Ansprüche 1-6
	Nein: Ansprüche
Erfinderische Tätigkeit (ET)	Ja: Ansprüche 1-6
	Nein: Ansprüche
Gewerbliche Anwendbarkeit (GA)	Ja: Ansprüche 1-6
	Nein: Ansprüche

### 2. Unterlagen und Erklärungen siehe Beiblatt

1. Es wird auf die folgenden Dokumente verwiesen:

D1: EP-A-0 874 331 (Fuji Jukogyo KK) 28. Oktober 1998

2. **Punkt V: Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

Die vorliegende Anmeldung erfüllt die Erfordernisse der Artikels 33(2) und 33(3) PCT, weil der Gegenstand des Anspruchs 1 neu ist und eine erfinderische Tätigkeit vorliegt, die Gründe dafür sind die folgenden:

Zu Anspruch 1:

D1 offenbart:

- Verfahren zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung (siehe Zusammenfassung, Zeilen 1-4),
- bei welchem die Entfernung eines bewegten oder stehenden Fahrzeugs zu einem oder mehreren Objekten durch entfernungsisierte Bildsegmentierung mittels Stereobildverarbeitung berechnet wird (siehe Spalte 3, Zeilen 16-18 und Zeilen 38-46) und
- Eigenschaften der detektierten Objekte durch Objekterkennung in den segmentierten Bildbereichen ermittelt werden (siehe Spalte 12, Zeilen 4-12), wobei
  - Bildbereiche erhabener Objekte und/oder flacher Objekte ermittelt werden (siehe Spalte 9, Zeilen 26-28), und
  - erhabene Objekte und/oder flache Objekte durch Zusammenfassen (Clusterung) von 3D-Punkten nach vorbestimmten Kriterien detektiert werden (siehe Spalte 6, Zeile 7-16),
  - wobei erhabene Objekte durch Merkmale mit ähnlichen Abstandswerten und flache Objekte durch Merkmale mit ähnlichen Höhenwerten bestimmt werden (siehe Spalte 6, Zeilen 16-22), und
  - die relevanten Objekte über die Zeit verfolgt (Tracking) und deren Abstand und laterale Position relativ zum eigenen Fahrzeug bestimmt werden, um das dynamische Verhalten der relevanten Objekte zu bewerten (implizit, da in D1 das

Abstandsbild in lateraler Richtung vom Fahrzeug weg in Bereiche aufgeteilt und ein Histogramm über die Abstandswerte in den einzelnen Bereichen erstellt wird, um aus diesen Histogrammen die Abstände einzelner Objekte zu bestimmen (siehe Spalte 6, Zeilen 16-22). Die Möglichkeit einer Kollision oder Berührung mit Objekten und/oder Fahrzeugen auf der Fahrbahn wird aus der Position und Größe der Objekte/Fahrzeuge bestimmt und die Relativgeschwindigkeit der Objekte zum eigenen Fahrzeug wird ermittelt und ausgegeben (siehe Spalte 6, Zeilen 52-58). Um die Relativgeschwindigkeit der Objekte auf der Fahrbahn relativ zum eigenen Fahrzeug zu ermitteln, ist das Tracking dieser Objekte implizit erforderlich, da nur aus mehreren zeitlich aufeinanderfolgenden Bildern eine Ermittlung der sich verändernden Größe und Position der Objekte und damit deren relativen Geschwindigkeit möglich ist).

D1 beschreibt jedoch nicht die Merkmale des charakterisierenden Teils des Anspruchs 1:

- daß zur Objekterkennung Objekthypothesen ermittelt werden, welche durch Vergleichen von Objektmodellen verifiziert werden, wobei
- die segmentierten Bildbereiche nach vorbestimmten statistisch verifizierten 2D-Merkmalen der zu erkennenden Objekte abgetastet werden, und
- die detektierten Objekte unter Verwendung eines neuronalen Netzes zur Klassifikation einer bestimmten Objektart verglichen werden.

In der Druckschrift D1 wird die Objekterkennung durch Clusterung von Bildelementen über dem Straßenniveau mit ähnlichen Abstandswerten durchgeführt (siehe Spalte 6, Zeilen 7-16). Die Möglichkeit einer Kollision oder Berührung mit Objekten und/oder Fahrzeugen auf der Fahrbahn wird aus der Position und Größe der Objekte/Fahrzeuge bestimmt und die Relativgeschwindigkeit der Objekte zum eigenen Fahrzeug wird ermittelt und ausgegeben (siehe Spalte 6, Zeilen 52-58).

Die Bestimmung der Objekte erfolgt somit lediglich über die geclusterten Bildpunkte, eine Aufstellung von Objekthypothesen sowie der Einsatz eines neuronales Netz zur Objektklassifizierung werden in D1 nicht nahegelegt.

Eine erforderliche Tätigkeit (Artikel 33(3) PCT) kann folglich als gegeben angesehen werden.

Neue Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung gemäß den gattungsbildenden Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Um den Fahrer eines Kraftfahrzeuges im Straßenverkehr zu unterstützen, sind Fahrerassistenzsysteme entwickelt worden, die geeignet sind, vorausschauend gefährliche Situationen im Straßenverkehr zu erkennen. Derartige Fahrerassistenzsysteme können den Fahrer abhängig von seinem Verhalten entweder warnen oder in die Fahrzeugführung eingreifen. Hierdurch soll die Fahrsicherheit erhöht, der Fahrer von monotonen Fahraufgaben entlastet und somit das Fahren komfortabler werden.

Aufgrund der hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit von sicherheitssteigernden Systemen sind zum heutigen Zeitpunkt am Markt überwiegend Komfortsysteme verfügbar. Als Beispiele hierfür sind Einparkhilfen und intelligente Tempomatoren zu nennen. Sicherheitssteigernde Fahrerassistenzsysteme sollen die umgebende Verkehrssituation in immer stärkerem Maße erfassen und berücksichtigen.

Aus der EP 0 558 027 B1 ist eine Einrichtung zum Erfassen des Abstands zwischen Fahrzeugen bekannt. Bei dieser Einrichtung erzeugt ein Paar von Bildsensoren ein Bild eines Objekts, das dem Fahrer angezeigt wird. Ein Bereich dieses Bildes wird in Fenster unterteilt. Die Abstände vom fahrenden Fahrzeug zum Objekt, das sich in den jeweiligen Fenstern befindet, werden

erfaßt. Hierbei werden die Abstände durch Vergleichen zweier von unterschiedlichen Bildsensoren aufgenommener Bildinformationen in verschiedenen Fenstern berechnet. Aufgrund der ermit-

telten Abstandsinformationen wird das jeweilige Objekt ermittelt. Es wird ein den relevanten Bildbereich unterteilendes Gitter eingesetzt, welches das zu erfassende Objekt umgibt und eine weitere Bildinformation liefert. Eine Symmetrie dieser Bildinformation wird ermittelt und die Existenz eines vorausfahrenden Fahrzeugs wird durch Bestimmen einer Stabilität einer horizontalen Bewegung einer Symmetrielinie und einer zweiten Stabilität der Abstände über die Zeit vorhergesagt.

Diese bekannte Erfassungseinrichtung wird dazu eingesetzt, vor dem sich bewegenden Fahrzeug befindliche Fahrzeuge zu erfassen und zu erkennen. Eine zuverlässige Erkennung von Objekten wird jedoch nur im Nahbereich erreicht, da dort die einfache Erfassung von Symmetrielinien ausreichend stabil durchgeführt werden kann. Im Fernbereich reicht diese einfache Symmetrieerfassung aufgrund der geringen Auflösung im Bild und der sich daraus ergebenden Ungenauigkeit bei der Bestimmung des Objekts allein nicht mehr aus.

Jedoch sind gerade an eine zuverlässige Objekterkennung hohe Anforderungen zu stellen, damit dem Fahrer keine falschen Informationen gegeben werden, die zu falschen und gefährlichen Reaktionen führen können. Bei intelligenten Systemen könnte das Fahrzeug selbst aufgrund der Falschinformationen verkehrsgefährdend reagieren. Verlässliche Informationen sind etwa bei der spurenpräzisen Erkennung von Fahrzeugen in großer Entfernung sowohl in als auch entgegen der eigenen Fahrtrichtung unabdingbar.

Die DE 42 11 171 A1 schlägt zur Erkennung von interessierenden Mustern ein Verfahren vor, das Kreuzrelation kleiner singulärer Ausschnitte des gesamten interessierenden Musters durch blockweise fortschreitende Bilderkennung über ein eingelerntes Klassifikationsnetzwerk anwendet.

Aus der DE 43 08 776 C2 ist eine Einrichtung zum Überwachen des Außenraums eines Fahrzeugs bekannt, welches über eine Fahrspur

auf einer Straße fährt, die durch ausgedehnte weiße Linien definiert ist. Mittels Bildverarbeitung wird der Verlauf der Straße anhand von dreidimensionalen Positionsinformationen von Abschnitten der weißen Linien ermittelt. Durch Ausnützen der dreidimensionalen Positionsinformationen der weißen Linien werden die weißen Linien von dreidimensionalen Objekten getrennt. Für jeden Abschnitt wird die vertikale Ausdehnung von möglichen Objekten ermittelt. Als Ergebnis lassen sich die Koordinaten für interessierende dreidimensionale Objekte, wie Kraftfahrzeuge, Motorräder oder Fußgänger, im Koordinatensystem des Fahrzeugs festlegen. Zusätzlich kann bestimmt werden, um welches Objekte es sich handelt.

Die in der DE 43 08 776 C2 beschriebene Vorgehensweise des Überwachens des Außenraums eines Fahrzeugs ist sehr rechenintensiv. Es ist stets notwendig den Verlauf des erfaßten Straßenbereichs zu ermitteln, um die Position von Objekten in diesem Straßenverlauf bestimmen zu können. Da in einem Kraftfahrzeug nur begrenzte Rechenleistung zur Verfügung steht, ist eine derartige Überwachungseinrichtung für den praktischen Einsatz wenig geeignet. Zudem ist die bekannte Überwachungseinrichtung stets auf das Vorhandensein weißer Begrenzungslinien angewiesen, welche sich nicht an allen Straßenverläufen finden lassen.

Aus der EP-A-0 874 331 ist bekannt, ein Abstandsbild in lateraler Richtung vom Fahrzeug weg in Bereiche aufzuteilen. Hierbei wird ein Histogramm über die Abstandswerte in den einzelnen Bereichen erstellt, um aus diesen Histogrammen die Abstände einzelner Objekte zu bestimmen. Die Möglichkeit einer Kollision oder Berührung mit Objekten bzw. anderen Fahrzeugen auf der Fahrbahn wird aus der Position und Größe der Objekte bzw. Fahrzeuge bestimmt. Die Relativgeschwindigkeit der Objekte zum eigenen Fahrzeug wird durch Tracking der Objekte ermittelt. Eine sichere Aussage bezüglich der situativen Relevanz der Objekte ist nur nach einem sehr rechenintensiven Vorgang möglich, welcher eine praktische Anwendung in Straßenfahrzeugen in Frage stellt.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung anzugeben, welches eine zuverlässige Erfassung von Objekten, insbesondere von Fahrzeugen vor und/oder hinter dem Straßenfahrzeug und deren situativer Relevanz aufgrund seiner Lage zum Straßenfahrzeug ermöglicht.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgegenstandes.

Demgemäß ist ein Verfahren zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung vorgesehen, bei welchem die Entfernung eines bewegten oder stehenden Fahrzeugs zu einem oder mehreren Objekten durch entfernungsisierte Bildsegmentierung mittels Stereobildverarbeitung berechnet wird und Eigenschaften der detektierten Objekte durch Objekterkennung in den segmentierten Bildbereichen ermittelt werden.

Die Bestimmung der Eigenschaften der detektierten Objekte soll der Klärung ihrer Relevanz für das eigene Fahrzeug dienen und somit zum Situationsverständnis beitragen.

Die Detektion kann vorzugsweise nach vorne oder nach hinten erfolgen und etwa für Stauwarnung, Abstandsregelung zum Vordermann oder Rückraumüberwachung eingesetzt werden. Ein wichtiger Gesichtspunkt ist hierbei, daß die situative Relevanz bzw. das Gefahrenpotential der detektierten Objekte aus deren Abstand zum eigenen Fahrzeug und der ermittelten Relativgeschwindigkeit ermittelt wird.

Anstelle der Auswertung von Stereobildpaaren, die von einer Stereoanordnung bestehend aus optischen Sensoren oder Kameras aufgenommen werden, können prinzipiell auch einzeln aufgenommene Bilder unterschiedlicher Herkunft zur Entfernungsbestimmung ausgewertet werden.

Es werden Bildbereiche erhabener Objekte und/oder flacher Objekte ermittelt. Erhabene Objekte und/oder flache Objekte werden durch Zusammenfassen von 3D-Punkten nach vorbestimmten Kriterien detektiert. Das Zusammenfassen wird auch als Clusterung bezeichnet. Dabei werden die erhabenen Objekte durch Merkmale mit ähnlichen Abstandswerten und flache Objekte durch Merkmale mit ähnlichen Höhenwerten bestimmt. Durch diese Vorgehensweise können Objekte nicht nur zuverlässig hinsichtlich ihrer Entfernung sondern auch hinsichtlich bestimmter Merkmale erkannt und bewertet werden. Eine Unterscheidung zwischen erhabenen und flachen Objekten ist somit leicht möglich.

Merkmale ähnlicher Abstandswerte und/oder ähnlicher Höhe werden zusammengefaßt, um Cluster zu bilden. Diese Unterscheidung zwischen erhabenen und flachen Objekten ist für die sichere Objekterkennung, z.B. die Erkennung von anderen Kraftfahrzeugen und die Unterscheidung zu Straßenmarkierungen sehr wichtig. Da heutzutage in modernen Kraftfahrzeugen entsprechend hohe Rechenleistungen realisierbar sind, ist eine derartige Bildsegmentierung mittels Entfernungsbestimmung und Clusterung sicher und schnell durchführbar

Die relevanten Objekte werden über die Zeit verfolgt und deren Abstand und laterale Position relativ zum eigenen Fahrzeug bestimmt, um das dynamische Verhalten der relevanten Objekte zu bewerten. Erst mit Kenntnis des dynamischen Verhaltens der ermittelten Objekte sind sinnvolle Reaktionen des Fahrers oder des Fahrzeuges möglich. Eine „vorausschauende“ Fahrweise wird somit gefördert.

Weiterhin können durch dieses sogenannte Tracking sporadisch auftretende Phantomobjekte unterdrückt und die gesamte Erkennungsleistung gesteigert werden. So läßt sich die Anzahl der zu klassifizierenden extrahierten Bildbereiche im Bild reduzieren, wenn diese durch eine einfache zeitliche Verfolgung auf ihre örtliche Konsistenz hin überprüft werden. Durch Tracking der

detektierten Objekte über die Zeit können die Objekteigenschaften wie z.B. Entfernung, Relativgeschwindigkeit und Relativbeschleunigung beispielsweise unter Verwendung eines Kalmanfilters von Meßrauschen befreit werden.

Zur Objekterkennung werden Objekthypothesen ermittelt, welche durch Vergleich von Objektmodellen verifiziert werden.

So lassen sich zur Objekterkennung die segmentierten Bildbereiche nach vorbestimmten, statistisch verifizierten 2D-Merkmalen der zu erkennenden Objekte abtasten und die detektierten Objekte unter Verwendung eines neuronalen Netzes zur Klassifikation einer bestimmten Objektart vergleichen. Auf diese Weise wird eine zuverlässige Objekterkennung durchgeführt.

Die detektierten, erhabenen Objekte können insbesondere Straßenfahrzeuge, Leitpfosten, Brückenpfeiler, Laternenmasten usw. sein, wohingegen die detektierten, flachen Objekte insbesondere Straßenmarkierungen und -begrenzungen wie Bordsteine, Leitplanken usw. sein können. Somit lässt sich beispielsweise die Position eines Straßenfahrzeugs in einer bestimmten Fahrspur auf einfache Weise ermitteln.

Zusätzlich ist es vorteilhaft, die relative Lage und die Relativgeschwindigkeit der detektierten Objekte zueinander und zum bewegten Fahrzeug zu kennen, um die situative Relevanz der detektierten Objekte zu ermitteln. Hierzu wird die Abstandsmessung ausgewertet und eine fahrspurgenaue Objektzuordnung ermittelt.

Bei der Bildsegmentierung kann eines der aufgenommenen Stereobildpaare nach signifikanten Merkmalen von zu erfassenden Objekten abgetastet werden. Der Abstand der signifikanten Merkmale lässt sich dann durch Vergleichen der jeweiligen Merkmale in einem Stereobild des Stereobildpaars mit denselben korrespondierenden Merkmalen im zeitgleich aufgenommenen anderen Stereo-

bild des Stereobildpaars mittels Kreuzrelation bestimmen, wobei die dabei auftretenden Disparitäten ausgewertet werden.

Durch Bestimmen des Abstands signifikanter Merkmale im Pixelbereich werden 3D-Punkte in der realen Welt relativ zum Koordinatensystem der Meßeinrichtung ermittelt. Die so gewonnenen Informationen von 3D-Punkten sind somit von unterschiedlichen Objekten bestimmt, wie etwa Fahrzeuge, Straßenmarkierungen, Leitplanken usw..

Neben dem beschriebenen stereobasierten Ansatz sind prinzipiell auch Objekterfassungsverfahren auf der Basis von Radar- und/oder Infrarotsignalen im Fernbereich möglich.

Anhand der nachstehenden Beschreibung im Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen werden weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung deutlicher.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Verfahrensschritte gemäß der Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der Entfernungsbestimmung bei parallel angeordneten Kameras gleicher Brennweite.

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der Korrespondenzsuche mittels Kreuzkorrelation;

Fig. 4 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der 2D Merkmalsextraktion bei der Auswertung durch ein neuronales Netz gemäß der Erfindung.

Fig. 5 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der Koordinatennormierung; und

Fig. 6 eine Darstellung eines Entfernungsprofils eines näherkommenden Fahrzeugs.

Im folgenden wird die Bildsegmentierung 1 mittels Stereobildverarbeitung beschrieben, bei der erhabene Objekte 2 detektiert werden. Dies wird durch Clusterung 3 einzelner Merkmale mit ähnlichen Entfernungslängen durchgeführt. Anschließend wird ein Fahrzeugerkennungsverfahren 5, 6 vorgestellt, mit dem Straßenfahrzeuge in den segmentierten Bildbereichen erkannt werden. Fahrzeugtypische Merkmale werden hierzu extrahiert 6 und anschließend mit der internen Fahrzeugmodellvorstellung 5 eines neuronalen Netzes 8 verglichen. Die prinzipielle Vorgehensweise ist schematisch in Figur 1 gezeigt.

Eine Monobildverarbeitung ist bei Einsatz ähnlicher Mittel und ähnlichem Vorgehen grundsätzlich auch möglich.

Die Eigenschaft der Erhabenheit von Straßenfahrzeugen gegenüber der Straße dient dem hier vorgestellten Verfahren zur Bildsegmentierung. Hierzu wird ein Stereokamerasystem eingesetzt, mit dem es möglich ist, Entfernungslängen signifikanter Merkmale, die im Kamerabild an Straßenfahrzeugen auftreten, zu bestimmen. Mittels dieser Information ist eine Aussage über erhabene Objekte 4 möglich. Die ständig wachsende Rechenleistung, die im Fahrzeug verfügbar ist, erlaubt heutzutage die echtzeitfähige Analyse von Stereobildpaaren.

Es ist auch möglich, zuverlässig zu ermitteln, auf welcher Fahrspur sich ein erfaßtes Straßenfahrzeug befindet. Es läßt sich dann eine Aussage über die situative Relevanz dieses erfaßten Straßenfahrzeugs aufgrund seiner Lage zum eigenen Fahrzeug treffen. Dementsprechend kann dann der Fahrer und/oder das eigene Fahrzeug reagieren.

Obwohl fahrzeugtaugliche Radarsysteme keine ausreichende laterale Auflösung für eine Spurzuordnung bieten, Infrarotsysteme

Auflösungs- und Reichweitenprobleme besitzen und Ultraschall generell für den Nahbereich einsetzbar ist, ist es prinzipiell denkbar, diese Systeme anstelle oder in Kombination zu Stereokamerasystemen einzusetzen.

Das Prinzip der Entfernungsbestimmung bei der verwendeten parallelen Kameraanordnung ist in Figur 2 auf Basis des Lochkameramodells dargestellt. Der Punkt P in der Welt wird über die Projektionszentren auf die Sensoroberflächen jeder Kamera projiziert.  $u_0$  bzw.  $u_1$  stellen die Abweichung vom Projektionszentrum dar. Ihre Differenz

$$\Delta u = u_0 - u_1$$

wird als Disparität  $\Delta u$  bezeichnet. Mittels Trigonometrie und den Größen der Kameraanordnung (Brennweite  $f$  und Basisweite  $b$ ) kann der Abstand  $d$  berechnet werden.

$$d = \frac{f \cdot b}{\Delta u}$$

Hierbei stellt  $b$  die Basisbreite,  $f$  die Brennweite und  $d$  den Abstand zum Punkt P dar.  $u_0$  und  $u_1$  sind die Entferungen der Projektionen des Punktes P auf die Sensoroberfläche.

Im ersten Verarbeitungsschritt der Bildsegmentierung wird in einem der Stereobildpaare nach signifikanten Merkmalen gesucht. Nur zu Versuchszwecken lässt sich eine entsprechende (nicht gezeigte) Darstellung auf einem Bildschirm oder einer anderen Anzeigeeinrichtung darstellen. Signifikante Merkmale liefern z.B. Kanten, die zuverlässig bei Straßenfahrzeugen auftreten. Die Orte der selektierten Kanten, die den zu korrelierenden Bildbereich des zweiten Verarbeitungsschritts definieren, lassen sich etwa durch rechteckige Rahmen in der Bildschirmdarstellung markieren.

Zur Bestimmung des Abstandes der am Bildschirm dargestellten Merkmale werden die jeweiligen Disparitäten durch Vergleich mit dem zeitgleich aufgenommenen zweiten Stereobild ermittelt. Hierzu findet eine Suche jedes rechteckigen Bildbereiches mittels Kreuzkorrelation im korrespondierenden Bild statt. In Figur 3 ist eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der Korrespondenzsuche mittels Kreuzkorrelation 11 gezeigt.

Aufgrund der parallelen Ausrichtung der Kameras lässt sich der Suchbereich in vertikaler Richtung auf die Epipolare, in dem in Figur 3 gezeigten Falle die jeweilige Zeile, einschränken. In horizontaler Richtung wird im korrespondierenden Bild 9, 10 je nach zulässigen Disparitäten der entsprechende Suchbereich definiert.

Durch Verwendung der KKMF (lokale mittelwertfreie, normierte Kreuzkorrelationsfunktion) als Korrelationsfunktion wirken sich Helligkeitsunterschiede in den Bildpaaren 9, 10, die z.B. durch unterschiedliche Sonneneinstrahlung oder unterschiedliche Regelung der Kameras auftreten, nur geringfügig auf den Korrelationswert aus.

Der Korrelationskoeffizient der KKMF wird folgendermaßen berechnet:

$$KKMF(x, y) = \frac{\sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{m-1} (\overline{F(i, j)} \cdot \overline{P_r(x+i, y+j)})}{\sqrt{\sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{m-1} \overline{F(i, j)}^2 \cdot \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{m-1} \overline{P_r(x+i, y+j)}^2}}$$

Die Werte  $\overline{F(i, j)}$  und  $\overline{P_r(x+i, y+j)}$  repräsentieren die mittelwertfreien Grauwerte der rechteckigen Bildbereiche  $F(i, j)$  und  $P_r(x+i, y+j)$ . Aufgrund der Normierung bewegen sich die Ergebnisse der KKMF im Intervall [-1, 1]. Der Wert 1 steht für paarwei-

se Übereinstimmung, -1 für entsprechend inverse Übereinstimmung.

Im letzten Verarbeitungsschritt der Bildsegmentierung findet eine Zusammenfassung (Clusterbildung) von Merkmalen mit ähnlichen Abstandswerten statt (vgl. Figur 1). Die relative Höhe der gebildeten Cluster wird mit einer festen Mindesthöhe verglichen, um ein erhabenes Objekt 2 sicherzustellen. Erhabene Objekte sind dabei durch Merkmale mit ähnlichen Abstandswerten und flache Objekte durch Merkmale mit ähnlichen Höhenwerten bestimmt.

Die resultierenden Cluster lassen sich zu Versuchszwecken in eine (nicht gezeigte) reale Bildschirmsdarstellung der beobachteten Szene als Rahmen einblenden. Zusätzlich lassen sich an den Rahmen die zu den segmentierten Bildbereichen gehörenden Entfernungswerte in Zahlenwerten angeben.

Neben Fahrzeugen werden auch andere erhabene Objekte, wie z.B. Leitpfosten und Straßenränder segmentiert. Um fehlerhafte Objekthypothesen zu verwerfen, wird dem stereobasierten Objektsegmentierungsprozeß innerhalb der detektierten Bildbereiche eine 2D-Objekterkennung nachgeschaltet.

Im Folgenden wird nun die 2D-Merkalsextraktion und die Fahrzeugerkennung beschrieben. Diese Verarbeitungsschritte sind ebenfalls in der Figur 1 dargestellt.

Straßenfahrzeuge weisen in der Bildebene signifikante Merkmale, z.B. Kanten und Ecken sowie Symmetrie auf. Diese Merkmale wurden zur Suche empirisch ermittelt und durch direkten Vergleich mit einem Fahrzeugmodell die Erkennung von Straßenfahrzeugen durchgeführt. In dem hier gezeigten Verfahren wird nach statistisch verifizierten 2D-Merkmalen 7 gesucht, die anschließend mit der internen Modellvorstellung von Fahrzeugen eines neuronalen Netzes 8 verglichen werden. In Figur 4 ist eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der 2D Merk-

malsextraktion bei der Auswertung durch ein neuronales Netz gezeigt.

Zur Ermittlung signifikanter und statistisch verifizierter 2D-Merkmale 7 von Straßenfahrzeugen wurde ein Datensatz von 50 Bildern, die Autos in verschiedenen Szenen zeigen, zu Grunde gelegt. Unter Verwendung der unten aufgeführten Verfahren fand eine Bestimmung von mehreren 9x9 großen typischen Mustern statt, die in den verwendeten Szenen gehäuft auftreten (weiterhin als Vergleichsmuster bezeichnet).

Die Vergleichsmuster treten an bestimmten Stellen des Fahrzeuges typisch auf. Beispielsweise können die Merkmale im unteren Bereich der Fahrzeuge vorkommen. An diesen Stellen weisen die meisten Straßenfahrzeuge ähnliche strukturellen Flächen auf. Diese sind beispielsweise der Schatten unter dem Auto und die Ecken an den Reifen sowie der Verlauf der strukturellen Flächen an den Scheinwerfern.

In den segmentierten Bildbereichen wird ein Suchfenster zur Berechnung der durch die vorgegebenen Vergleichsmuster bestimmten Merkmale definiert. Entsprechend der Entfernung des hypothetischen Objektes wird ein in der Größe angepaßtes Suchfenster definiert und mit den Vergleichsmustern korreliert. Die Orte im Suchfenster, die ein lokales Maximum der Korrelationsfunktion aufweisen, kennzeichnen signifikante Merkmale, wie Figur 5 zeigt.

Aus den Koordinaten der Extrema und der zugeordneten Vergleichsmuster erhält man die Eingangsmerkmale für das eingesetzte feedforward-Netz. Dieses wurde für das Auftreten typischer Merkmalskonstellationen, die Fahrzeuge kennzeichnen, trainiert.

Das erfindungsgemäße, echtzeitfähige Verfahren zur stereobasierten Verfolgung von Objekten in großer Entfernung wurde in realen Straßenszenen erprobt. In Figur 6 sind die gemessenen

Entfernungsdaten eines sich nähernenden Fahrzeugs dargestellt.  
Wie in Figur 6 ersichtlich, tritt in 100 Meter Entfernung eine Messungenauigkeit von ca.  $\pm 50$  cm auf.

Um die ermittelten Entfernungsdaten rauschfrei und weitgehend frei von Meßfehlern aufgrund fehlerhaft ermittelter Korrespondenzen zu halten, bietet sich der Einsatz eines Kalmanfilters an, der durch die zeitliche Betrachtung der Meßwerte aussagekräftigere Ergebnisse liefert. Durch die Erweiterung der 2D-Merkmalsextraktion um Texturmaße und Symmetrieoperatoren, sind weitere Potentiale zur Verbesserung des vorgestellten Verfahrens gegeben.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß mit dem erfindungsgemäßen Verfahren eine zuverlässige Abstandsbestimmung und Erkennung von Objekten, insbesondere von Straßenfahrzeugen vor und/oder hinter einem fahrenden Fahrzeug bis in große Entfernung möglich ist.

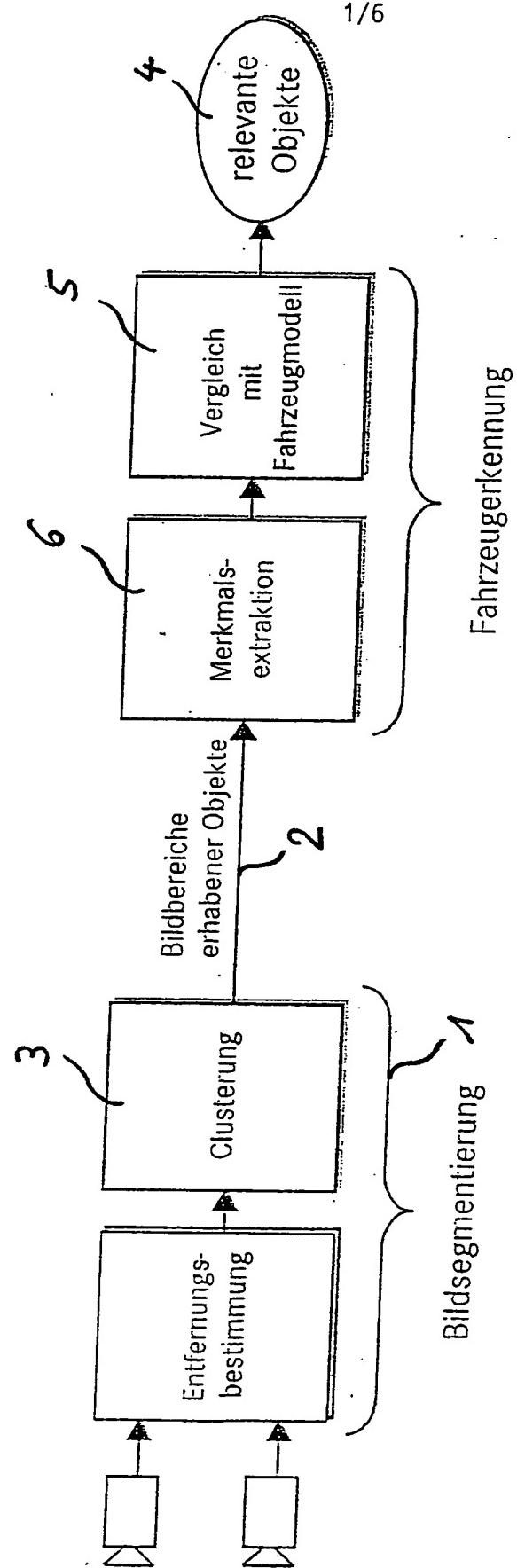
Neue Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung, bei welchem die Entfernung eines bewegten oder stehenden Fahrzeugs zu einem oder mehreren Objekten durch entfernungsisierte Bildsegmentierung (1) mittels Stereobildverarbeitung berechnet wird und Eigenschaften der detektierten Objekte durch Objekterkennung in den segmentierten Bildbereichen ermittelt werden, wobei Bildbereiche erhabener Objekte und/oder flacher Objekte ermittelt werden (2), erhabene Objekte und/oder flache Objekte durch Zusammenfassen (Clusterung) (3) von 3D-Punkten nach vorbestimmten Kriterien detektiert werden, wobei erhabene Objekte durch Merkmale mit ähnlichen Abstandswerten und flache Objekte durch Merkmale mit ähnlichen Höhenwerten bestimmt werden, und die relevanten Objekte (4) über die Zeit verfolgt (Tracking) und deren Abstand und laterale Position relativ zum eigenen Fahrzeug bestimmt werden, um das dynamische Verhalten der relevanten Objekte zu bewerten, dadurch gekennzeichnet, daß zur Objekterkennung Objekthypothesen ermittelt werden, welche durch Vergleich von Objektmodellen (5) verifiziert werden, wobei die segmentierten Bildbereiche nach vorbestimmten, statistisch verifizierten 2D-Merkmalen der zu erkennenden Objekte abgetastet werden (6, 7), und die detektierten Objekte unter Verwendung eines neuronalen Netzes (8) zur Klassifikation einer bestimmten Objektart verglichen werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die detektierten, erhabenen Objekte (4) insbesondere  
Straßenfahrzeuge und/oder die detektierten, flachen Objekte  
insbesondere Straßenmarkierungen und -begrenzungen sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die relative Lage und die Relativgeschwindigkeit der  
detektierten Objekte (4) zueinander und zum bewegten  
Fahrzeug durch Auswerten der Abstandsmessung ermittelt  
werden, um eine fahrspurgenaue Objektzuordnung und/oder die  
situative Relevanz der detektierten Objekte zu ermitteln.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
eines der aufgenommenen Stereobildpaare (9, 10) nach  
signifikanten Merkmalen von zu erfassenden Objekten  
abgetastet wird, und  
der Abstand der signifikanten Merkmale durch Vergleichen  
der jeweiligen Merkmale in einem Stereobild des  
Stereobildpaars mit denselben korrespondierenden Merkmalen  
im zeitgleich aufgenommenen anderen Stereobild des  
Stereobildpaars (9, 10) bestimmt wird, wobei die dabei  
auftretenden Disparitäten mittels Kreuzkorrelation (11)  
ausgewertet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
durch Bestimmen des Abstands signifikanter Merkmale im  
Pixelbereich 3D-Punkte in der realen Welt relativ zum  
Koordinatensystem der Meßeinrichtung bestimmt werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß  
die Objekte mittels Radar- und/oder Infrarotsensoren  
und/oder einer Stereo- oder Monoanordnung optischer  
Sensoren oder Kameras detektiert werden.

1/6

Fig. 1

2/6

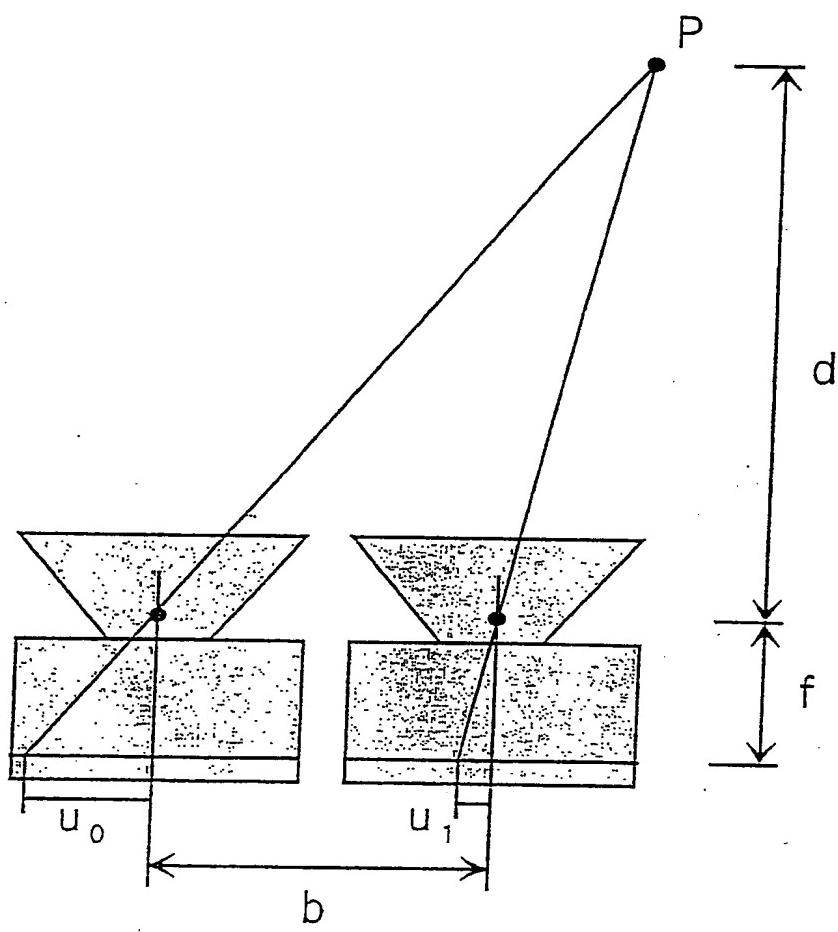


Fig. 2

3/6

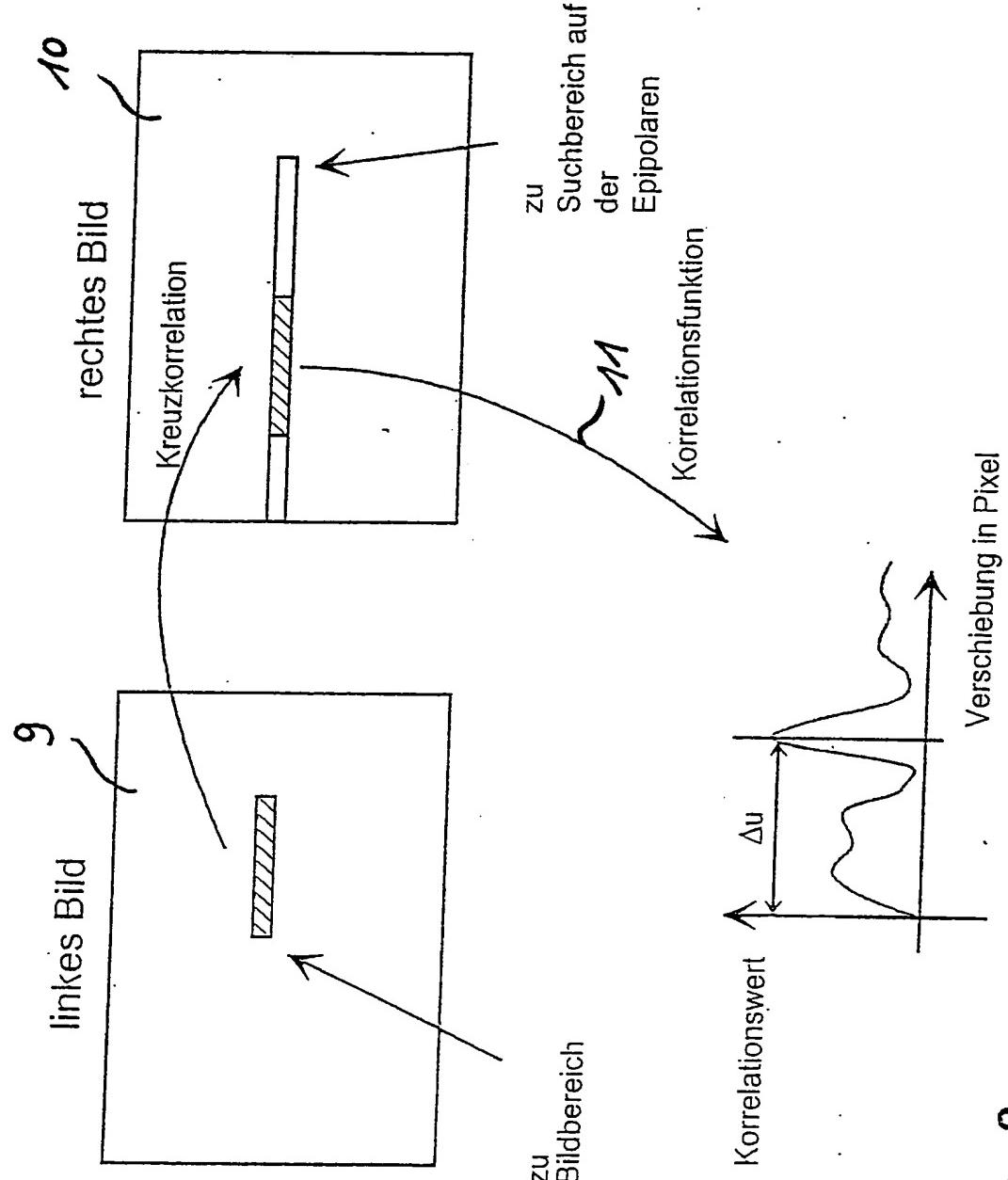


Fig. 3

4/6

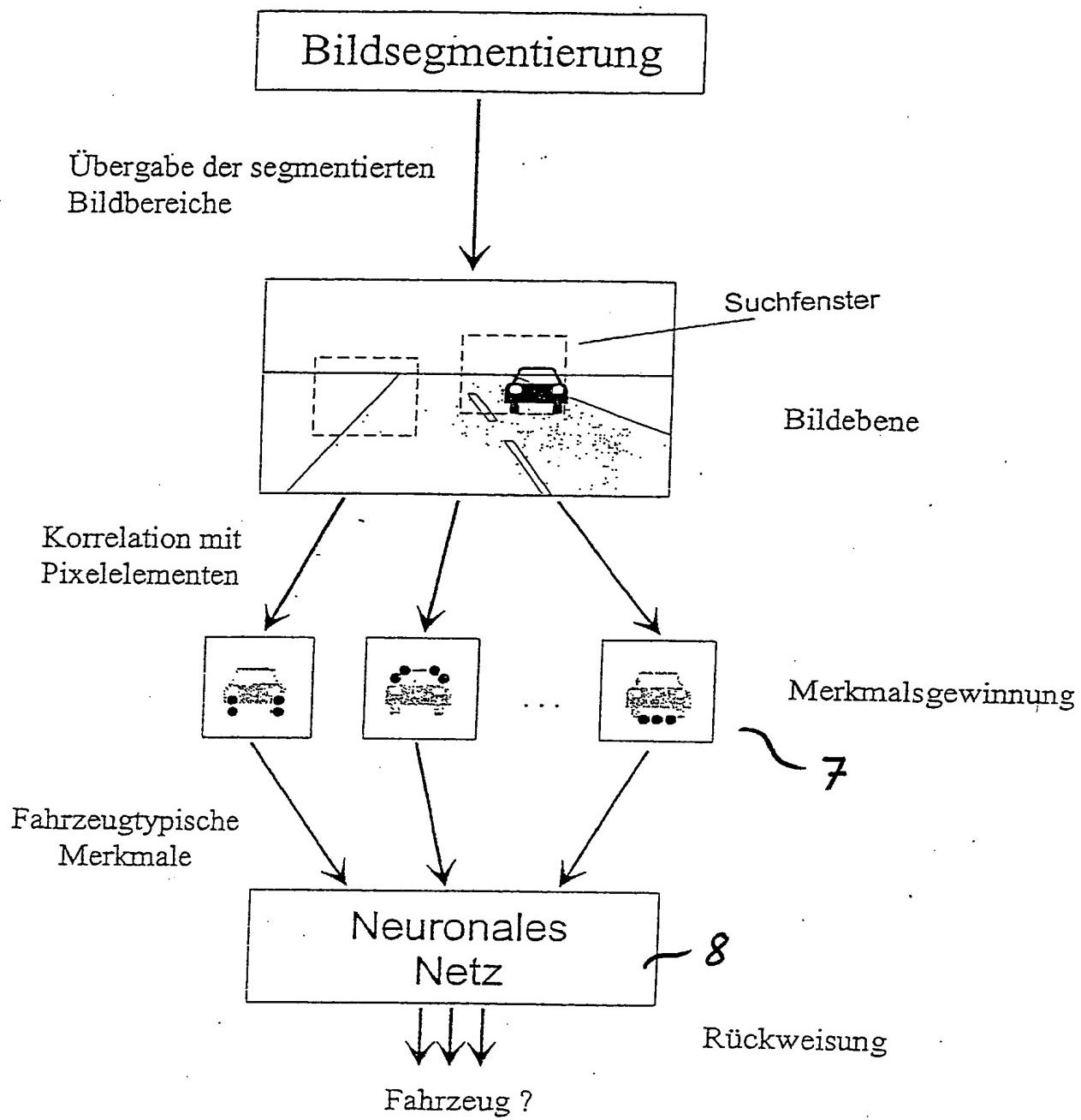


Fig. 4

5/6

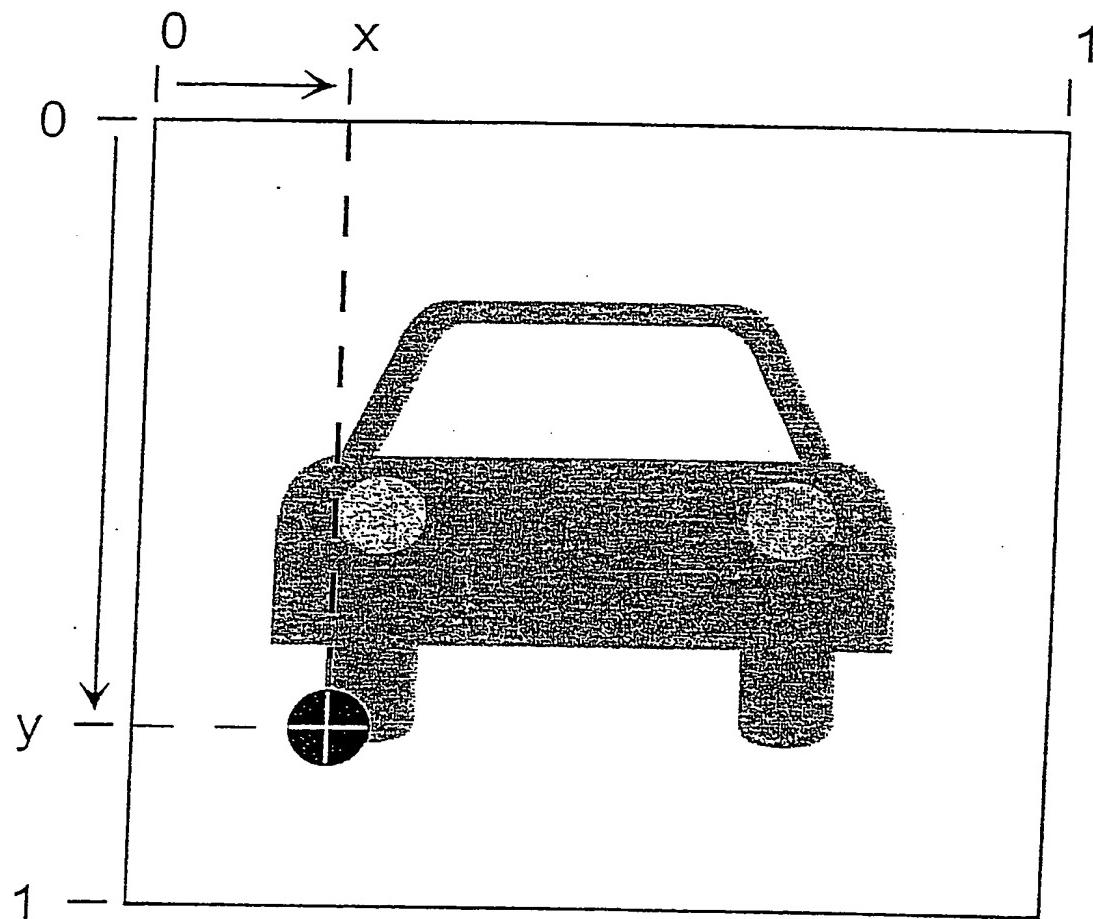


Fig 5

6/6

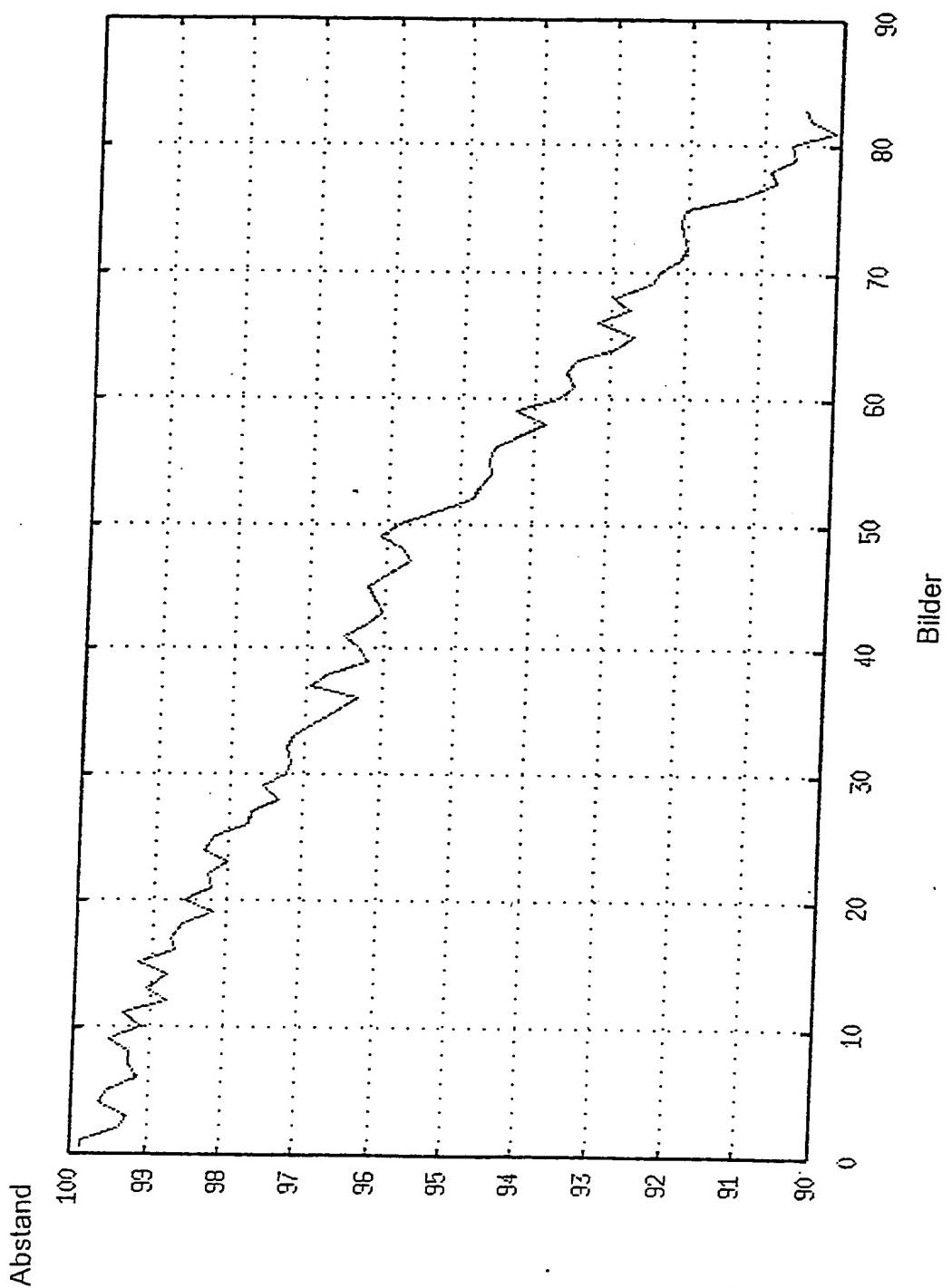


Fig. 6

10/009596

Method of detecting objects in the vicinity of a road vehicle up to a considerable distance

5 The invention relates to a method of detecting objects in the vicinity of a road vehicle up to a considerable distance, according to the generic features of Patent Claim 1.

10 In order to assist the driver of a motor vehicle in road traffic, driver assistance systems have been developed, which are suitable for detecting situations in the road traffic which are anticipated to be hazardous. Such driver assistance systems can either warn the driver, on the basis of his behaviour, or 15 intervene in the management of the vehicle. The intention here is to increase driving safety, to relieve the driver of monotonous driving tasks and therefore for driving to become more convenient.

20 On account of the high requirements on the reliability of systems which increase safety, at the current time, it is predominantly convenience systems which are available on the market. Examples of this are parking aids and intelligent cruise control systems. Driver assistance systems which increase safety are intended 25 to register the surrounding traffic situation to an ever increasing extent and to take it into account.

30 EP 0 558 027 B1 discloses a device for registering the distance between vehicles. In the case of this device, a pair of image sensors generates an image of an object, which is displayed to the driver. One region of this image is subdivided into windows. The distances from the driving vehicle to the object which is located 35 in the respective window are registered. In this case, the distances are calculated by comparing two items of image information recorded by different image sensors in different windows. On the basis of the determined

Revised by Article 34

distance information, the respective object is determined. A grid which divides the relevant image region is used, surrounds the object to be registered and supplies further image information. The symmetry of  
5 this image information is determined, and the existence of a vehicle travelling in front is predicted by determining a level of stability of a horizontal movement of a line of symmetry and a second level of stability of the distances over time.

10

This known registration device is used for the purpose of registering and recognizing vehicles located in front of the moving vehicle. The reliable recognition of objects is achieved only in the near region,  
15 however, since there the simple registration of lines of symmetry can be carried out with sufficient stability. In the remote region, this simple registration of symmetry is no longer adequate on its own because of the low resolution in the image and the  
20 resulting inaccuracy in the determination of the object.

However, high requirements have to be placed on reliable object recognition in particular, in order  
25 that the driver is not given any erroneous information, which can lead to erroneous and hazardous reactions. In the case of intelligent systems, the vehicle itself could react in a manner presenting a traffic hazard, on the basis of the erroneous information. Reliable  
30 information is imperative, for example in the case of the accurate-lane recognition of vehicles at a considerable distance, both in and counter to the actual direction of travel.

35 For the recognition of interesting patterns, DE 42 11 171 A1 proposes a method which applies the cross relation of small singular extracts from the entire pattern of interest by means of block-by-block

progressive image recognition via a trained classification network.

DE 43 08 776 C2 discloses a device for monitoring the outer space around a vehicle which is travelling over one lane on a road, the said lane being defined by extended white lines. By means of image processing, the course of the road is determined by using three-dimensional position information from sections of the white lines. By utilizing the three-dimensional position information from the white lines, the white lines are separated from three-dimensional objects. For each section, the vertical extent of possible objects is determined. As a result, the coordinates for three-dimensional objects of interest, such as motor vehicles, motor cycles or pedestrians, can be defined in the coordinate system of the vehicle. In addition, it is possible to determine which object is concerned.

The procedure described in DE 43 08 776 C2 for monitoring the outer space around a vehicle requires a great deal of computation. It is always necessary to determine the course of the registered region of the road, in order to be able to determine the position of objects in this road course. Since only a limited amount of computing power is available in a motor vehicle, such a monitoring device is little suited to practical use. In addition, the known monitoring device is always referred to the presence of white boundary lines, which may not be found on the course of all roads.

The object of the invention is to specify a method of detecting objects in the vicinity of a road vehicle up to a considerable distance which permits the reliable registration of objects, in particular of vehicles in front of and/or behind the road vehicle and their

relevance to the situation on the basis of its position relative to the road vehicle.

According to the invention, this object is achieved by 5 the features of Patent Claim 1. The subclaims relate to advantageous developments of the subject of the invention.

Accordingly, a method of detecting objects in the 10 vicinity of a road vehicle up to a considerable distance is provided, in which the distance from a moving or stationary vehicle to one or more objects is calculated by distance-based image segmentation by means of stereo image processing, and characteristics 15 of the detected objects are determined by object recognition in the segmented image regions.

Determining the characteristics of the detected objects 20 is intended to serve to clarify their relevance to the particular vehicle and therefore contribute to the understanding of the situation.

The detection can preferably be carried out to the front or to the rear and employed, for example, to warn 25 of jams, for distance control from the vehicle in front or for monitoring the rear space. In this case, an important point of view is that the relevance to the situation or the potential hazard of the detected objects is determined from their distance to the 30 particular vehicle and the determined relative speed.

Instead of evaluating pairs of stereo images, which are recorded by a stereo arrangement comprising optical sensors or cameras, in principle, even individually 35 recorded images of different origin can be evaluated in order to determine the distance.

According to a basic idea, image regions of elevated objects and/or flat objects are determined. Elevated objects and/or flat objects are detected by combining 3D points in accordance with predetermined criteria.

5 Combining is also designated clustering. In this case, the elevated objects are determined through features with similar distance values and flat objects are determined through features with similar height values. By means of this procedure, objects can be recognized  
10 and assessed not only reliably with regard to their distance but also with regard to specific features. Distinguishing between elevated and flat objects is therefore easily possible.

15 Features of similar distance values and/or similar height are combined in order to form clusters. This distinction between elevated and flat objects is very important for reliable object recognition, for example the recognition of other motor vehicles, and the  
20 distinction from road markings. Since appropriately high computing powers can be implemented nowadays in modern motor vehicles, image segmentation of this type by means of distance determination and clustering can be carried out reliably and quickly.

25 The detected elevated objects may be, in particular, road vehicles, signposts, bridge columns, lamp posts and so on, whereas the detected flat objects may be, in particular, road markings and boundaries such as curb  
30 stones, crash barriers and so on. In this way, for example, the position of a road vehicle on a specific road lane can be determined in a simple way.

35 In addition, it is advantageous to know the relative position and the relative speed of the detected objects relative to one another and to the moving vehicle, in order to determine the relevance of the detected objects to the situation. To this end, the distance

measurement is evaluated, and an accurate road-lane object association is determined.

- During the image segmentation, one of the recorded  
5 pairs of stereo images can be scanned for significant  
features of objects to be registered. The spacing of  
the significant features may then be determined by  
means of cross-relation by comparing the respective  
features in a stereo image from the pair of stereo  
10 images with the same, corresponding features in the  
other stereo image from the pair of stereo images,  
recorded at the same time, the disparities which occur  
being evaluated.
- 15 By determining the spacing of significant features in  
the pixel range, 3D points in the real world are  
determined relative to the coordinate system of the  
measuring device. The information obtained in this way  
from 3D points is therefore determined from different  
20 objects, such as vehicles, road markings, crash  
barriers, and so on.

For the purpose of object recognition, object  
hypotheses can be determined, which are verified by  
25 comparison with object models.

In this way, for the purpose of object recognition, the  
segmented image regions may be scanned in accordance  
with predetermined, statistically verified 2D features  
30 of the objects to be recognized, and the detected  
objects may be compared by using a neural network for  
the classification of a specific object type. In this  
way, reliable object recognition is carried out.

35 The relevant objects can be followed over time and  
their distance and lateral position relative to the  
particular vehicle can be determined, in order to  
assess the dynamic behaviour of the relevant objects.

Only with knowledge of the dynamic behaviour of the determined objects are practical reactions of the driver or of the vehicle possible. An "anticipatory" mode of driving is therefore promoted.

5

Furthermore, by means of this tracking, as it is known, phantom objects which occur sporadically can be suppressed, and the entire recognition performance can be increased. In this way, the number of extracted 10 image regions to be classified in the image can be reduced, if these are checked for their local consistency by means of simple time tracking. By means of tracking the detected objects over time, the object characteristics, such as the distance, relative speed 15 and relative acceleration, can be freed of measurement noise, for example by using a Kalman filter.

In addition to the above-described stereo-based approach, in principle object registration methods 20 based on radar and/or infrared signals in the remote range are also possible.

Further advantages, features and details of the invention become clearer by using the following 25 description in conjunction with the appended drawings, in which:

Fig. 1 shows a schematic representation of the method steps according to the invention;

30

Fig. 2 shows a schematic representation to clarify the principle of the distance determination in the case of cameras with the same focal length arranged in parallel;

35

Fig. 3 shows a schematic representation to clarify the principle of the correspondence search by means of cross correlation;

Fig. 4 shows a schematic representation to clarify the principle of the 2D feature extraction in the case of evaluation by a neural network according to the invention;

Fig. 5 shows a schematic representation to clarify the principle of coordinate normalization; and

Fig. 6 shows a representation of a distance profile of an approaching vehicle.

In the following text, the image segmentation by means of stereo image processing is described, during which elevated objects are detected. This is carried out through clustering individual features with similar distances. Then, a vehicle recognition method will be presented, with which road vehicles in the segmented image regions are recognized. For this purpose, features typical of vehicles are extracted and then compared with the internal vehicle model depiction from a neural network. The basic procedure is shown schematically in Figure 1.

Mono image processing is in principle also possible, given the use of similar means and a similar procedure.

The characteristic that road vehicles are elevated by comparison with the road is used for the method of image segmentation presented here. To this end, use is made of a stereo camera system, with which it is possible to determine the distances of significant features which occur in the camera image on road vehicles. By means of this information, a statement about elevated objects is possible. The continually increasing computing power which is available in the vehicle nowadays permits real-time analysis of pairs of stereo images.

It is also possible to determine reliably on which lane a registered road vehicle is located. It is then possible to make a statement about the relevance of 5 this registered road vehicle to the situation, on the basis of its position relative to the particular vehicle. The driver and/or the particular vehicle can then react accordingly.

10 Although radar systems suitable for vehicles do not offer adequate lateral resolution for lane association, infrared systems have resolution and range problems and ultrasound can generally be used for the near range, it is in principle conceivable to employ these systems 15 instead of or in combination with stereo camera systems.

The principle of distance determination in the case of the parallel camera arrangement used is represented in 20 Figure 2 on the basis of the pinhole camera model. The point P in the world is projected onto the sensor surfaces of each camera via the projection centres.  $u_0$  and  $u_1$  represent the deviation from the projection centre. Their difference

25

$$\Delta u = u_0 - u_1$$

is designated the disparity  $\Delta u$ . By means of trigonometry and the sizes of the camera arrangement 30 (focal length  $f$  and base width  $b$ ), the distance  $d$  can be calculated.

$$d = \frac{f \cdot b}{\Delta u}$$

35 Here,  $b$  represents the base width,  $f$  the focal length and  $d$  the distance to the point P.  $u_0$  and  $u_1$  are the

distances of the projections of the point P onto the sensor surface.

In the first processing step in the image segmentation,  
5 a search for significant features is carried out in one  
of the pairs of stereo images. A corresponding display  
(not shown) on a monitor or another display device may  
be provided only for research purposes. Significant  
features are supplied, for example, by edges, which  
10 occur reliably in the case of road vehicles. The  
locations of the selected edges, which define the image  
region to be correlated in the second processing step  
may be marked, for example, by means of rectangular  
frames in the monitor display.

15 In order to determine the spacing of the features  
displayed on the monitor, the respective disparities  
are determined by comparison with the second stereo  
image recorded at the same time. To this end, a search  
20 is made in each rectangular image region by means of  
cross correlation in the corresponding image.

Figure 3 shows a schematic representation to clarify  
the principle of the correspondence search by means of  
25 cross correlation.

On account of the parallel alignment of the cameras,  
the search region in the vertical direction may be  
restricted to the epipolars, the respective line in the  
30 case shown in Figure 3. In the horizontal direction,  
the corresponding search region is defined in the  
corresponding image in accordance with permissible  
disparities.

35 By means of using KKFMF (the local, average-free,  
normalized cross correlation function) as the  
correlation function, lightness differences in the  
pairs of images, which occur for example as a result of

different solar radiation or different control of the cameras, have only a slight effect on the correlation value.

- 5 The correlation coefficient from the KKFMF is calculated as follows:

$$KKFMF(x, y) = \frac{\sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{n-1} (\bar{F}(i, j) \cdot \bar{P}_r(x+i, y+j))}{\sqrt{\sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{n-1} \bar{F}(i, j)^2 \cdot \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{n-1} \bar{P}_r(x+i, y+j)^2}}$$

- 10 The values  $\bar{F}(i, j)$  and  $\bar{P}_r(x+i, y+j)$  represent the average-free grey values from the rectangular image regions  $F(i, j)$  and  $P_r(x+i, y+j)$ . Because of the normalization, the results from the KKFMF move within the interval [-1, 1]. The value 1 represents agreement  
15 in pairs, -1 represents correspondingly inverse agreement.

- In the last processing step in the image segmentation, combining (cluster formation) of features with similar  
20 distance values takes place (cf. Figure 1). The relative height of the clusters formed is compared with a fixed minimum height, in order to ensure an elevated object. In this case, elevated objects are determined through features with similar distance values, and flat  
25 objects are determined through features with similar height values.

- For research purposes, the resulting clusters can be inserted as frames into a (not shown) real monitor  
30 display of the observed scene. In addition, the distances belonging to the segmented image regions may be specified in numerical values on the frames.

In addition to vehicles, other elevated objects, such as sign posts and road margins, are also segmented. In order to discard erroneous object hypotheses, the stereo-based object segmentation process within the 5 detected image regions is followed by 2D object recognition.

In the following text, the 2D feature extraction and the vehicle recognition will now be described. These 10 processing steps are likewise shown in Figure 1.

Road vehicles have significant features in the image plane, for example edges and corners, as well as symmetry. These features have been determined 15 empirically for the purpose of a search, and the recognition of road vehicles is carried out by means of direct comparison with a vehicle model. In the method shown here, a search is made in accordance with statistically verified 2D features, which are 20 subsequently compared with the internal model depiction of vehicles from a neural network. Figure 4 shows a schematic representation to clarify the principle of the 2D feature extraction during evaluation by a neural network.

25 In order to determine significant and statistically verified 2D features of road vehicles, a data set of 50 images, which show cars in various scenes, was used as a basis. By using the method explained below, a 30 determination of a plurality of 9x9 large typical patterns, which often occur in the scenes used, was carried out (referred to below as comparative patterns).

35 The comparative patterns typically occur at specific locations on the vehicle. For example, the features may occur in the lower region of the vehicles. At these locations, most road vehicles exhibit similar

structural areas. These are, for example, the shadows under the car and the corners of the tyres, as well as the course of the structural areas at the head lamps.

5 In the segmented image regions, a search window is defined in order to calculate the features determined by means of the predefined comparative patterns. Depending on the distance of the hypothetical object, a search window of matched size is defined and correlated  
10 with the comparative patterns. The locations in the search window which exhibit a local maximum of the correlation function identify significant features, as Figure 5 shows.

15 The coordinates of the extrema and the associated comparison patterns provide the input features for the feed forward network used. This has been trained for the occurrence of typical combinations of features which identify vehicles.  
20

The real-time method according to the invention for the stereo-based tracking of objects at a considerable distance has been tried out in real road scenes. Figure 6 represents the measured distance data from an approaching vehicle. As can be seen in Figure 6, a measurement inaccuracy of about  $\pm 50$  cm occurs at  
25 100 metres distance.

In order to keep the determined distance data free of  
30 noise and largely free of measurement errors on account of erroneously determined correspondences, the use of a Kalman filter is suggested, which supplies more meaningful results as a result of the consideration of the measured values over time. By extending the 2D  
35 feature extraction by texture dimensions and symmetry operations, further potential is provided for improving the method presented.

In summary, it is to be recorded that, by using the method according to the invention, reliable distance determination and recognition of objects, in particular of road vehicles in front of and/or behind a travelling vehicle is possible up to a considerable distance.

Patent Claims

1. Method of detecting objects in the vicinity of a road vehicle up to a considerable distance, in which the distance from a moving or stationary vehicle to one or more objects is calculated by distance-based image segmentation by means of stereo image processing, and characteristics of the detected objects are determined by object recognition in the segmented image regions, characterized in that  
5 image regions of elevated objects and/or flat objects are determined, and  
elevated objects and/or flat objects are detected  
10 by combining (clustering) 3D points in accordance with predetermined criteria, elevated objects being determined through features with similar distance values and flat objects being determined through features with similar height values.
2. Method according to Claim 1, characterized in that the detected elevated objects are in particular road vehicles and/or the detected flat objects are in particular road markings and boundaries.  
20
3. Method according to Claim 1 or 2, characterized in that the relative position and the relative speed of the detected objects relative to one another and to the moving vehicle are determined by evaluating the distance measurement, in order to determine an accurate road-lane object association  
25 and/or the relevance of the detected objects to the situation.
- 35 4. Method according to one of Claims 1 to 3, characterized in that

one of the recorded pairs of stereo images is scanned for significant features of objects to be registered, and

5 the spacing of the significant features is determined by comparing the respective features in a stereo image from the pair of stereo images with the same, corresponding features in the other stereo image from the pair of stereo images, recorded at the same time, the disparities which 10 occur being evaluated by means of cross correlation.

5. Method according to one of Claims 1 to 4, characterized in that by determining the spacing 15 of significant features in the pixel range, 3D points in the real world are determined relative to the coordinate system of the measuring device.

20 6. Method according to one of Claims 1 to 7, characterized in that for the purpose of object recognition, object hypotheses are determined, which are verified by comparison with object models.

25 7. Method according to one of Claims 1 to 6, characterized in that for the purpose of object recognition, the segmented image regions are scanned in accordance with predetermined, statistically verified 2D features of the objects 30 to be recognized, and the detected objects are compared by using a neural network for the classification of a specific object type.

35 8. Method according to one of Claims 1 to 7, characterized in that the relevant objects are followed over time (tracking) and their distance and lateral position relative to the particular

vehicle is determined, in order to assess the dynamic behaviour of the relevant objects.

9. Method according to one of Claims 1 to 8,  
5 characterized in that the objects are detected by means of radar and/or infrared sensors and/or a stereo or mono arrangement of optical sensors or cameras.

DaimlerChrysler AG  
Stuttgart

Abstract

The invention relates to a method of detecting objects in the vicinity of a road vehicle up to a considerable distance, in which the distance from a moving or stationary vehicle to one or more objects is calculated by distance-based image segmentation by means of stereo image processing, and characteristics of the detected objects are determined by object recognition in the segmented image regions. Image regions of elevated objects and/or flat objects are determined, and elevated objects and/or flat objects are detected by combining (clustering) 3D points in accordance with predetermined criteria, elevated objects being determined through features with similar distance values and flat objects being determined through features with similar height values.

(Fig. 4)

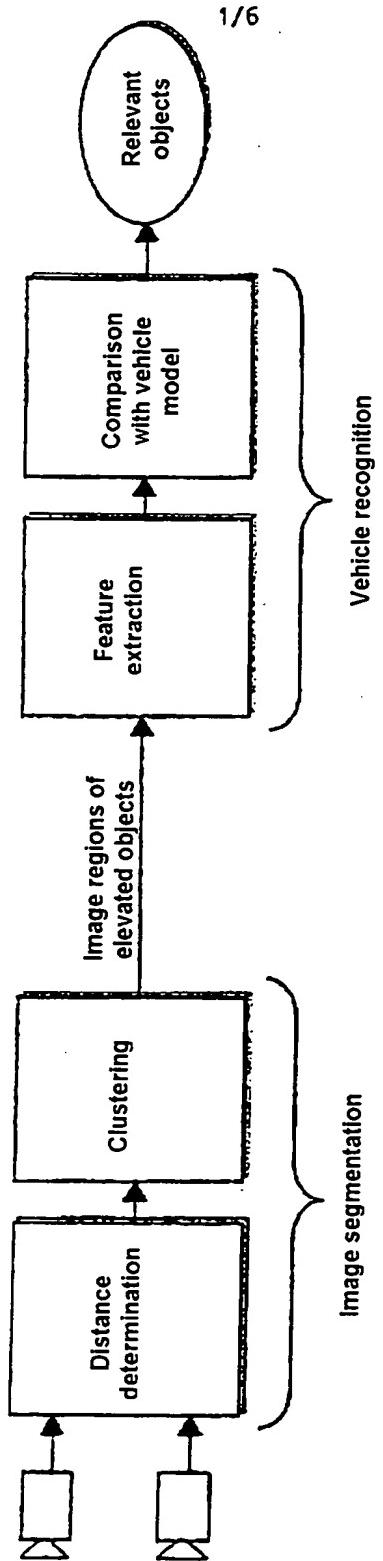


Fig. 1

2/6

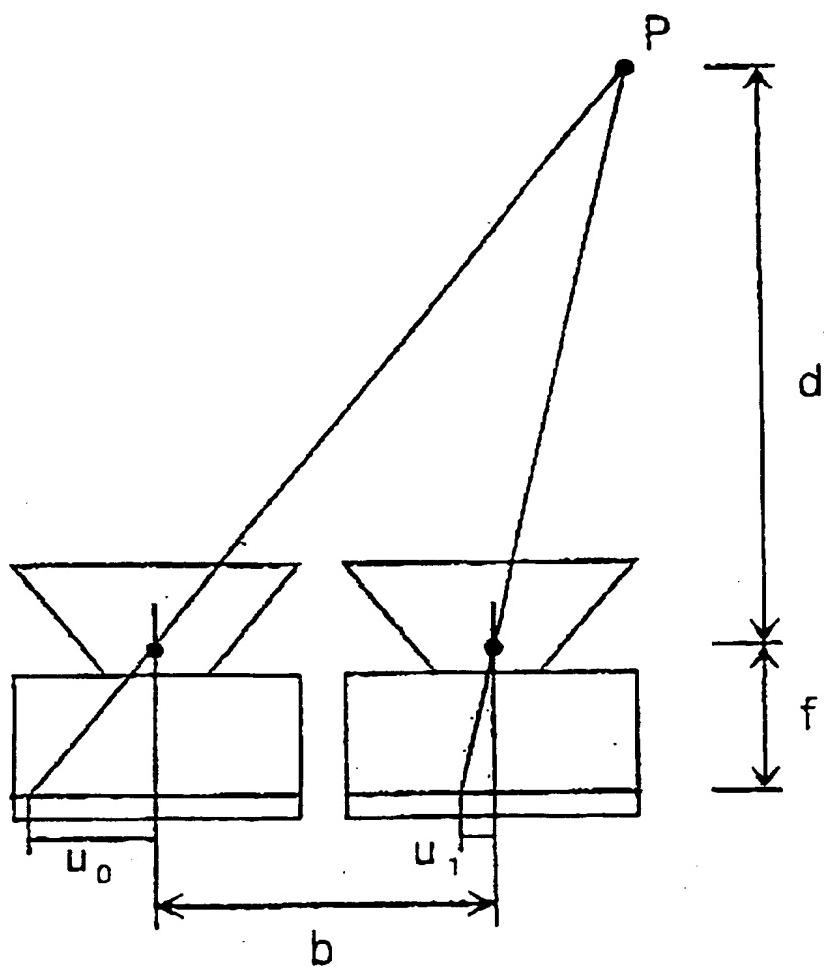


Fig. 2

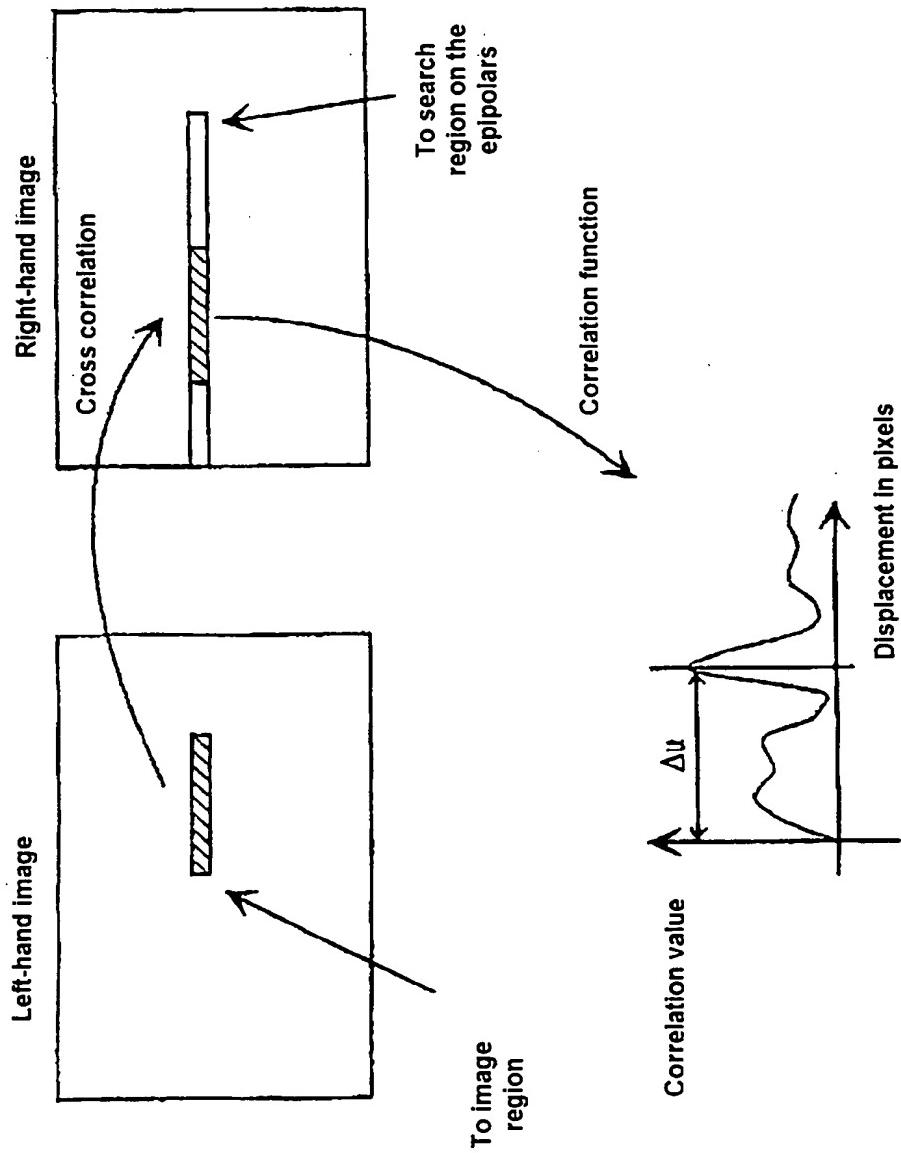


Fig. 3

4/6

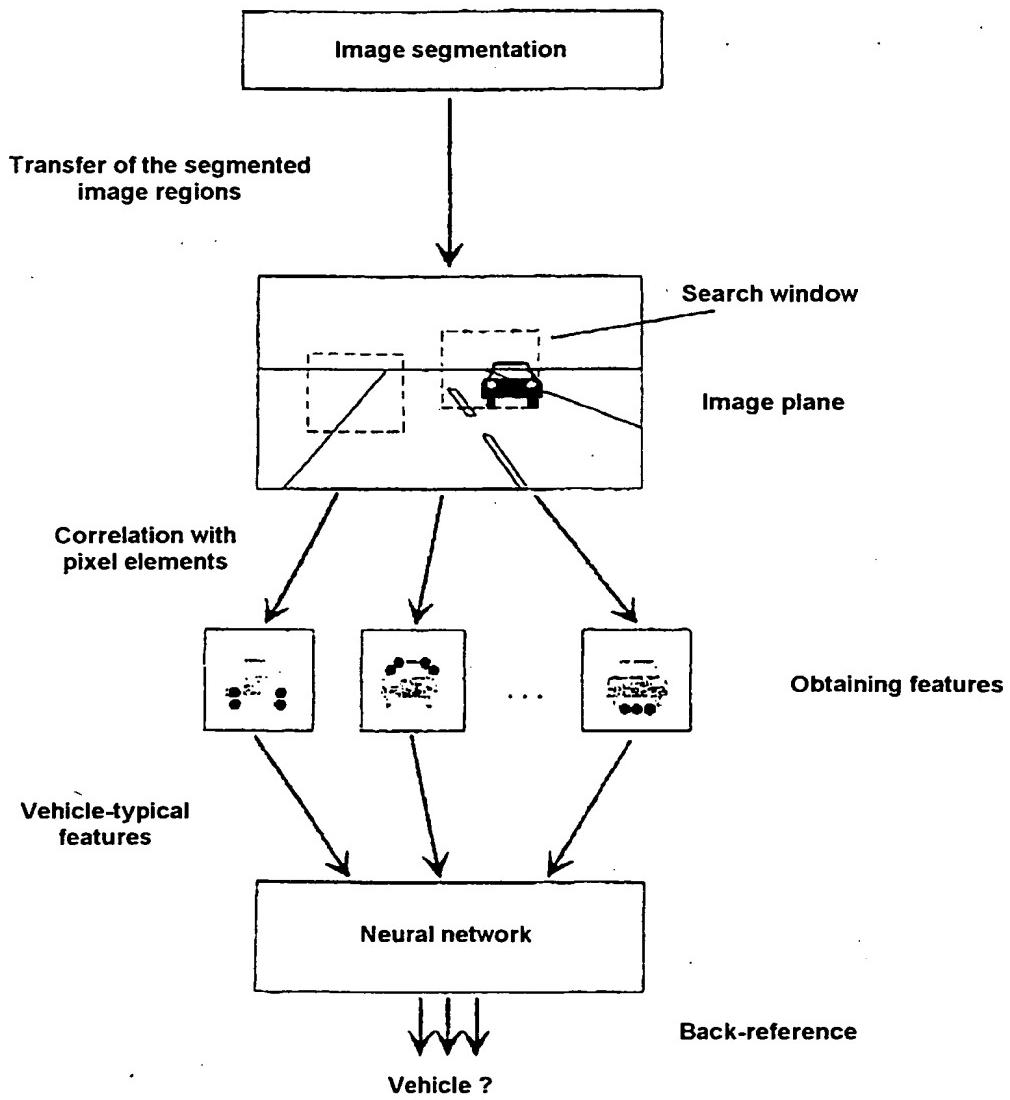


Fig. 4

10/009596

5/6

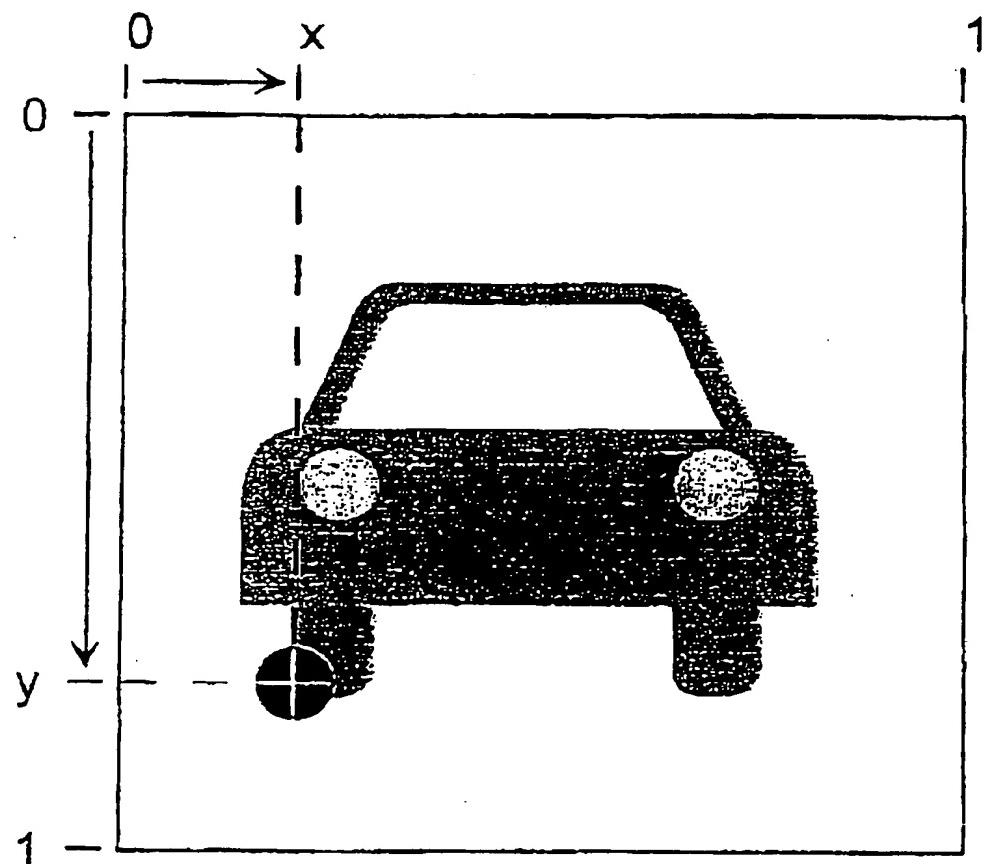


Fig 5

10/009596

6/6

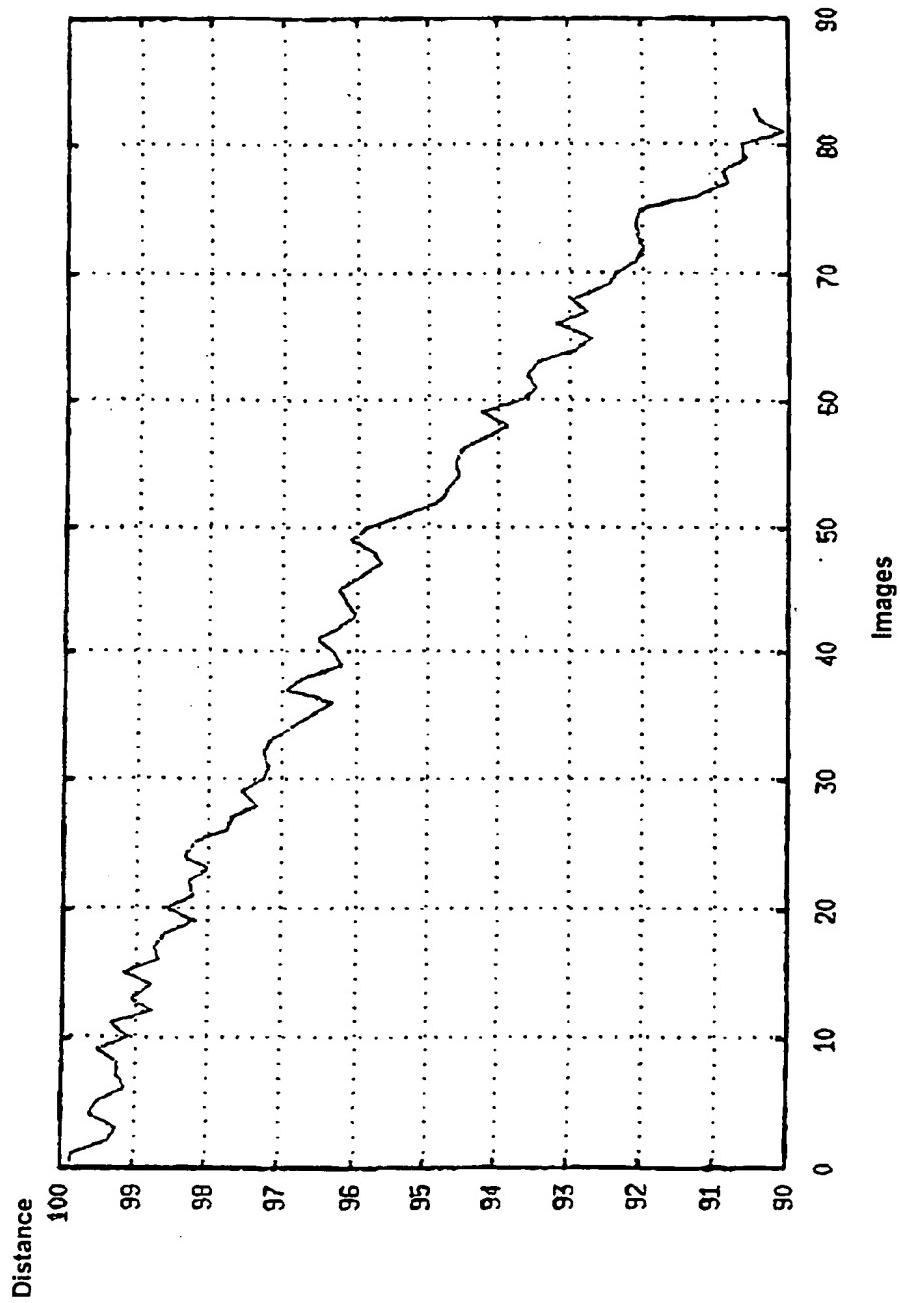


Fig. 6

5/PATS

1011007 Recd PCT/PTO 23 DEC 2001

0/009596

PCT/EP 00/05337  
06.08.2001

P032258/WO/1 FTP/E KRO  
DaimlerChrysler AG

New description

The invention relates to a method of detecting objects in the vicinity of a road vehicle up to a considerable 5 distance, according to the generic features of Patent Claim 1.

In order to assist the driver of a motor vehicle in road traffic, driver assistance systems have been 10 developed, which are suitable for detecting situations in the road traffic which are anticipated to be hazardous. Such driver assistance systems can either warn the driver, on the basis of his behaviour, or intervene in the management of the vehicle. The 15 intention here is to increase driving safety, to relieve the driver of monotonous driving tasks and therefore for driving to become more convenient.

On account of the high requirements on the reliability 20 of systems which increase safety, at the current time, it is predominantly convenience systems which are available on the market. Examples of this are parking aids and intelligent cruise control systems. Driver assistance systems which increase safety are intended 25 to register the surrounding traffic situation to an ever increasing extent and to take it into account.

EP 0 558 027 B1 discloses a device for registering the distance between vehicles. In the case of this device, 30 a pair of image sensors generates an image of an object, which is displayed to the driver. One region of this image is subdivided into windows. The distances from the driving vehicle to the object which is located in the respective window are registered. In this case, 35 the distances are calculated by comparing two items of image information recorded by different image sensors in different windows. On the basis of the determined

P032258/WO/1 FTP/E KRO  
DaimlerChrysler AG

PCT/EP 00/05337  
06.08.2001

- 2 -

distance information, the respective object is determined. A grid which divides the relevant image region is used, surrounds the object to be registered and supplies further image information. The symmetry of 5 this image information is determined, and the existence of a vehicle travelling in front is predicted by determining a level of stability of a horizontal movement of a line of symmetry and a second level of stability of the distances over time.

10

This known registration device is used for the purpose of registering and recognizing vehicles located in front of the moving vehicle. The reliable recognition of objects is achieved only in the near region, 15 however, since there the simple registration of lines of symmetry can be carried out with sufficient stability. In the remote region, this simple registration of symmetry is no longer adequate on its own because of the low resolution in the image and the 20 resulting inaccuracy in the determination of the object.

However, high requirements have to be placed on reliable object recognition in particular, in order 25 that the driver is not given any erroneous information, which can lead to erroneous and hazardous reactions. In the case of intelligent systems, the vehicle itself could react in a manner presenting a traffic hazard, on the basis of the erroneous information. Reliable 30 information is imperative, for example in the case of the accurate-lane recognition of vehicles at a considerable distance, both in and counter to the actual direction of travel.

35 For the recognition of interesting patterns, DE 42 11 171 A1 proposes a method which applies the cross relation of small singular extracts from the

P032258/WO/1 FTP/E KRO  
DaimlerChrysler AG

PCT/EP 00/05337  
06.08.2001

- 3 -

entire pattern of interest by means of block-by-block progressive image recognition via a trained classification network.

5 DE 43 08 776 C2 discloses a device for monitoring the outer space around a vehicle which is travelling over one lane on a road, the said lane being defined by extended white lines. By means of image processing, the course of the road is determined by using three-  
10 dimensional position information from sections of the white lines. By utilizing the three-dimensional position information from the white lines, the white lines are separated from three-dimensional objects. For each section, the vertical extent of possible objects  
15 is determined. As a result, the coordinates for three-dimensional objects of interest, such as motor vehicles, motor cycles or pedestrians, can be defined in the coordinate system of the vehicle. In addition, it is possible to determine which object is concerned.

20 The procedure described in DE 43 08 776 C2 for monitoring the outer space around a vehicle requires a great deal of computation. It is always necessary to determine the course of the registered region of the  
25 road, in order to be able to determine the position of objects in this road course. Since only a limited amount of computing power is available in a motor vehicle, such a monitoring device is little suited to practical use. In addition, the known monitoring device  
30 is always referred to the presence of white boundary lines, which may not be found on the course of all roads.

35 EP-A-0 874 331 discloses the practice of dividing up a distance image into regions in the lateral direction away from the vehicle. In this case, a histogram relating to the distance values in the individual

P032258/WO/1 FTP/E KRO  
DaimlerChrysler AG

PCT/EP 00/05337  
06.08.2001

- 4 -

regions is drawn up, in order to determine the distances of individual objects from these histograms. The possibility of a collision or contact with objects or other vehicles on the roadway is determined from the 5 position and size of the objects or vehicles. The relative speed of the objects in relation to the particular vehicle is determined by tracking the objects. A reliable statement relating to the relevance of the objects to the situation is possible only after 10 a very computationally intensive procedure, which calls a practical application in road vehicles into question.

The object of the invention is to specify a method of detecting objects in the vicinity of a road vehicle up 15 to a considerable distance which permits the reliable registration of objects, in particular of vehicles in front of and/or behind the road vehicle and their relevance to the situation on the basis of its position relative to the road vehicle.

20 According to the invention, this object is achieved by the features of Patent Claim 1. The subclaims relate to advantageous developments of the subject of the invention.

25 Accordingly, a method of detecting objects in the vicinity of a road vehicle up to a considerable distance is provided, in which the distance from a moving or stationary vehicle to one or more objects is 30 calculated by distance-based image segmentation by means of stereo image processing, and characteristics of the detected objects are determined by object recognition in the segmented image regions.

35 Determining the characteristics of the detected objects is intended to serve to clarify their relevance to the

- 5 -

particular vehicle and therefore contribute to the understanding of the situation.

5 The detection can preferably be carried out to the front or to the rear and employed, for example, to warn of jams, for distance control from the vehicle in front or for monitoring the rear space. In this case, an important point of view is that the relevance to the situation or the potential hazard of the detected 10 objects is determined from their distance to the particular vehicle and the determined relative speed.

15 Instead of evaluating pairs of stereo images, which are recorded by a stereo arrangement comprising optical sensors or cameras, in principle, even individually recorded images of different origin can be evaluated in order to determine the distance.

20 Image regions of elevated objects and/or flat objects are determined. Elevated objects and/or flat objects are detected by combining 3D points in accordance with predetermined criteria. Combining is also designated clustering. In this case, the elevated objects are determined through features with similar distance 25 values and flat objects are determined through features with similar height values. By means of this procedure, objects can be recognized and assessed not only reliably with regard to their distance but also with regard to specific features. Distinguishing between 30 elevated and flat objects is therefore easily possible.

Features of similar distance values and/or similar height are combined in order to form clusters. This distinction between elevated and flat objects is very 35 important for reliable object recognition, for example the recognition of other motor vehicles, and the distinction from road markings. Since appropriately

- 6 -

high computing powers can be implemented nowadays in modern motor vehicles, image segmentation of this type by means of distance determination and clustering can be carried out reliably and quickly.

5

The relevant objects are followed over time and their distance and lateral position relative to the particular vehicle are determined, in order to assess the dynamic behaviour of the relevant objects. Only 10 with knowledge of the dynamic behaviour of the determined objects are practical reactions of the driver or of the vehicle possible. An "anticipatory" mode of driving is therefore promoted.

15 Furthermore, by means of this tracking, as it is known, phantom objects which occur sporadically can be suppressed, and the entire recognition performance can be increased. In this way, the number of extracted image regions to be classified in the image can be 20 reduced, if these are checked for their local consistency by means of simple time tracking. By means of tracking the detected objects over time, the object characteristics, such as the distance, relative speed and relative acceleration, can be freed of measurement 25 noise, for example by using a Kalman filter.

For the purpose of object recognition, object hypotheses are determined, which are verified by comparison with object models.

30

In this way, for the purpose of object recognition, the segmented image regions may be scanned in accordance with predetermined, statistically verified 2D features of the objects to be recognized, and the detected 35 objects may be compared by using a neural network for the classification of a specific object type. In this way, reliable object recognition is carried out.

P032258/WO/1 FTP/E KRO  
DaimlerChrysler AG

PCT/EP 00/05337  
06.08.2001

- 7 -

The detected elevated objects may be, in particular, road vehicles, signposts, bridge columns, lamp posts and so on, whereas the detected flat objects may be, in particular, road markings and boundaries such as curb 5 stones, crash barriers and so on. In this way, for example, the position of a road vehicle on a specific road lane can be determined in a simple way.

In addition, it is advantageous to know the relative 10 position and the relative speed of the detected objects relative to one another and to the moving vehicle, in order to determine the relevance of the detected objects to the situation. To this end, the distance measurement is evaluated, and an accurate road-lane 15 object association is determined.

During the image segmentation, one of the recorded pairs of stereo images can be scanned for significant features of objects to be registered. The spacing of 20 the significant features may then be determined by means of cross-relation by comparing the respective features in a stereo image from the pair of stereo images with the same, corresponding features in the other stereo image from the pair of stereo images, 25 recorded at the same time, the disparities which occur being evaluated.

By determining the spacing of significant features in the pixel range, 3D points in the real world are 30 determined relative to the coordinate system of the measuring device. The information obtained in this way from 3D points is therefore determined from different objects, such as vehicles, road markings, crash barriers, and so on.

35

In addition to the above-described stereo-based approach, in principle object registration methods

- 8 -

based on radar and/or infrared signals in the remote range are also possible.

Further advantages, features and details of the invention become clearer by using the following description in conjunction with the appended drawings, in which:

Fig. 1 shows a schematic representation of the method steps according to the invention;

Fig. 2 shows a schematic representation to clarify the principle of the distance determination in the case of cameras with the same focal length arranged in parallel;

Fig. 3 shows a schematic representation to clarify the principle of the correspondence search by means of cross correlation;

Fig. 4 shows a schematic representation to clarify the principle of the 2D feature extraction in the case of evaluation by a neural network according to the invention;

Fig. 5 shows a schematic representation to clarify the principle of coordinate normalization; and

Fig. 6 shows a representation of a distance profile of an approaching vehicle.

In the following text, the image segmentation 1 by means of stereo image processing is described, during which elevated objects 2 are detected. This is carried out through clustering 3 individual features with similar distances. Then, a vehicle recognition method 5, 6 will be presented, with which road vehicles in the

- 9 -

segmented image regions are recognized. For this purpose, features typical of vehicles are extracted 6 and then compared with the internal vehicle model depiction 5 from a neural network 8. The basic 5 procedure is shown schematically in Figure 1.

Mono image processing is in principle also possible, given the use of similar means and a similar procedure.

10 The characteristic that road vehicles are elevated by comparison with the road is used for the method of image segmentation presented here. To this end, use is made of a stereo camera system, with which it is possible to determine the distances of significant 15 features which occur in the camera image on road vehicles. By means of this information, a statement about elevated objects 4 is possible. The continually increasing computing power which is available in the vehicle nowadays permits real-time analysis of pairs of 20 stereo images.

It is also possible to determine reliably on which lane a registered road vehicle is located. It is then possible to make a statement about the relevance of 25 this registered road vehicle to the situation, on the basis of its position relative to the particular vehicle. The driver and/or the particular vehicle can then react accordingly.

30 Although radar systems suitable for vehicles do not offer adequate lateral resolution for lane association, infrared systems have resolution and range problems and ultrasound can generally be used for the near range, it is in principle conceivable to employ these systems 35 instead of or in combination with stereo camera systems.

P032258/WO/1 FTP/E KRO  
DaimlerChrysler AG

PCT/EP 00/05337  
06.08.2001

- 10 -

The principle of distance determination in the case of the parallel camera arrangement used is represented in Figure 2 on the basis of the pinhole camera model. The point P in the world is projected onto the sensor surfaces of each camera via the projection centres.  $u_0$  and  $u_1$  represent the deviation from the projection centre. Their difference

$$\Delta u = u_0 - u_1$$

10

is designated the disparity  $\Delta u$ . By means of trigonometry and the sizes of the camera arrangement (focal length f and base width b), the distance d can be calculated.

15

$$d = \frac{f \cdot b}{\Delta u}$$

Here, b represents the base width, f the focal length and d the distance to the point P.  $u_0$  and  $u_1$  are the distances of the projections of the point P onto the sensor surface.

In the first processing step in the image segmentation, a search for significant features is carried out in one of the pairs of stereo images. A corresponding display (not shown) on a monitor or another display device may be provided only for research purposes. Significant features are supplied, for example, by edges, which occur reliably in the case of road vehicles. The locations of the selected edges, which define the image region to be correlated in the second processing step may be marked, for example, by means of rectangular frames in the monitor display.

35 In order to determine the spacing of the features displayed on the monitor, the respective disparities

P032258/WO/1 FTP/E KRO  
DaimlerChrysler AGPCT/EP 00/05337  
06.08.2001

- 11 -

are determined by comparison with the second stereo image recorded at the same time. To this end, a search is made in each rectangular image region by means of cross correlation in the corresponding image. Figure 3  
 5 shows a schematic representation to clarify the principle of the correspondence search by means of cross correlation 11.

On account of the parallel alignment of the cameras,  
 10 the search region in the vertical direction may be restricted to the epipolars, the respective line in the case shown in Figure 3. In the horizontal direction, the corresponding search region is defined in the corresponding image 9, 10 in accordance with  
 15 permissible disparities.

By means of using KKFMF (the local, average-free, normalized cross correlation function) as the correlation function, lightness differences in the pairs of images 9, 10, which occur for example as a result of different solar radiation or different control of the cameras, have only a slight effect on the correlation value.  
 20

25 The correlation coefficient from the KKFMF is calculated as follows:

$$KKFMF(x,y) = \frac{\sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{m-1} (F(i,j) \cdot P_r(x+i, y+j))}{\sqrt{\sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{m-1} F(i,j)^2 \cdot \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{m-1} P_r(x+i, y+j)^2}}$$

30 The values  $\overline{F(i,j)}$  and  $\overline{P_r(x+i, y+j)}$  represent the average-free grey values from the rectangular image regions  $F(i,j)$  and  $P_r(x+i, y+j)$ . Because of the normalization, the results from the KKFMF move within

- 12 -

the interval [-1, 1]. The value 1 represents agreement in pairs, -1 represents correspondingly inverse agreement.

5 In the last processing step in the image segmentation, combining (cluster formation) of features with similar distance values takes place (cf. Figure 1). The relative height of the clusters formed is compared with a fixed minimum height, in order to ensure an elevated  
10 object 2. In this case, elevated objects are determined through features with similar distance values, and flat objects are determined through features with similar height values.

15 For research purposes, the resulting clusters can be inserted as frames into a (not shown) real monitor display of the observed scene. In addition, the distances belonging to the segmented image regions may be specified in numerical values on the frames.

20 In addition to vehicles, other elevated objects, such as sign posts and road margins, are also segmented. In order to discard erroneous object hypotheses, the stereo-based object segmentation process within the  
25 detected image regions is followed by 2D object recognition.

30 In the following text, the 2D feature extraction and the vehicle recognition will now be described. These processing steps are likewise shown in Figure 1.

Road vehicles have significant features in the image plane, for example edges and corners, as well as symmetry. These features have been determined  
35 empirically for the purpose of a search, and the recognition of road vehicles is carried out by means of direct comparison with a vehicle model. In the method

P032258/WO/1 FTP/E KRO  
DaimlerChrysler AG

PCT/EP 00/05337  
06.08.2001

- 13 -

shown here, a search is made in accordance with statistically verified 2D features 7, which are subsequently compared with the internal model depiction of vehicles from a neural network 8. Figure 4 shows a schematic representation to clarify the principle of the 2D feature extraction during evaluation by a neural network.

In order to determine significant and statistically verified 2D features 7 of road vehicles, a data set of 50 images, which show cars in various scenes, was used as a basis. By using the method explained below, a determination of a plurality of 9x9 large typical patterns, which often occur in the scenes used, was carried out (referred to below as comparative patterns).

The comparative patterns typically occur at specific locations on the vehicle. For example, the features may occur in the lower region of the vehicles. At these locations, most road vehicles exhibit similar structural areas. These are, for example, the shadows under the car and the corners of the tyres, as well as the course of the structural areas at the head lamps.

In the segmented image regions, a search window is defined in order to calculate the features determined by means of the predefined comparative patterns. Depending on the distance of the hypothetical object, a search window of matched size is defined and correlated with the comparative patterns. The locations in the search window which exhibit a local maximum of the correlation function identify significant features, as Figure 5 shows.

The coordinates of the extrema and the associated comparison patterns provide the input features for the

P032258/WO/1 FTP/E KRO  
DaimlerChrysler AG

PCT/EP 00/05337  
06.08.2001

- 14 -

feed forward network used. This has been trained for the occurrence of typical combinations of features which identify vehicles.

5 The real-time method according to the invention for the stereo-based tracking of objects at a considerable distance has been tried out in real road scenes. Figure 6 represents the measured distance data from an approaching vehicle. As can be seen in Figure 6, a  
10 measurement inaccuracy of about  $\pm 50$  cm occurs at 100 metres distance.

In order to keep the determined distance data free of noise and largely free of measurement errors on account  
15 of erroneously determined correspondences, the use of a Kalman filter is suggested, which supplies more meaningful results as a result of the consideration of the measured values over time. By extending the 2D feature extraction by texture dimensions and symmetry  
20 operations, further potential is provided for improving the method presented.

In summary, it is to be recorded that, by using the method according to the invention, reliable distance  
25 determination and recognition of objects, in particular of road vehicles in front of and/or behind a travelling vehicle is possible up to a considerable distance.

Verfahren zur Detektion von Objekten im Umfeld  
eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung gemäß den gattungsbildenden Merkmalen des Patentanspruchs 1.

Um den Fahrer eines Kraftfahrzeuges im Straßenverkehr zu unterstützen, sind Fahrerassistenzsysteme entwickelt worden, die geeignet sind, vorausschauend gefährliche Situationen im Straßenverkehr zu erkennen. Derartige Fahrerassistenzsysteme können den Fahrer abhängig von seinem Verhalten entweder warnen oder in die Fahrzeugführung eingreifen. Hierdurch soll die Fahrsicherheit erhöht, der Fahrer von monotonen Fahraufgaben entlastet und somit das Fahren komfortabler werden.

Aufgrund der hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit von sicherheitssteigernden Systemen sind zum heutigen Zeitpunkt am Markt überwiegend Komfortsysteme verfügbar. Als Beispiele hierfür sind Einparkhilfen und intelligente Tempomaten zu nennen. Sicherheitssteigernde Fahrerassistenzsysteme sollen die umgebende Verkehrssituation in immer stärkerem Maße erfassen und berücksichtigen.

Aus der EP 0 558 027 B1 ist eine Einrichtung zum Erfassen des Abstands zwischen Fahrzeugen bekannt. Bei dieser Einrichtung erzeugt ein Paar von Bildsensoren ein Bild eines Objekts, das dem Fahrer angezeigt wird. Ein Bereich dieses Bildes wird in Fenster unterteilt. Die Abstände vom fahrenden Fahrzeug zum Objekt, das sich in den jeweiligen Fen-

stern befindet, werden erfaßt. Hierbei werden die Abstände durch Vergleichen zweier von unterschiedlichen Bildsensoren aufgenommener Bildinformationen in verschiedenen Fenstern berechnet. Aufgrund der ermittelten Abstandsinformationen wird das jeweilige Objekt ermittelt. Es wird ein den relevanten Bildbereich unterteilendes Gitter eingesetzt, welches das zu erfassende Objekt umgibt und eine weitere Bildinformation liefert. Eine Symmetrie dieser Bildinformation wird ermittelt und die Existenz eines vorausfahrenden Fahrzeugs wird durch Bestimmen einer Stabilität einer horizontalen Bewegung einer Symmetrielinie und einer zweiten Stabilität der Abstände über die Zeit vorhergesagt.

Diese bekannte Erfassungseinrichtung wird dazu eingesetzt, vor dem sich bewegenden Fahrzeug befindliche Fahrzeuge zu erfassen und zu erkennen. Eine zuverlässige Erkennung von Objekten wird jedoch nur im Nahbereich erreicht, da dort die einfache Erfassung von Symmetrielinien ausreichend stabil durchgeführt werden kann. Im Fernbereich reicht diese einfache Symmetrieerfassung aufgrund der geringen Auflösung im Bild und der sich daraus ergebenden Ungenauigkeit bei der Bestimmung des Objekts allein nicht mehr aus.

Jedoch sind gerade an eine zuverlässige Objekterkennung hohe Anforderungen zu stellen, damit dem Fahrer keine falschen Informationen gegeben werden, die zu falschen und gefährlichen Reaktionen führen können. Bei intelligenten Systemen könnte das Fahrzeug selbst aufgrund der Falschinformationen verkehrsgefährdend reagieren. Verlässliche Informationen sind etwa bei der spurenhaften Erkennung von Fahrzeugen in großer Entfernung sowohl in als auch entgegen der eigenen Fahrtrichtung unabdingbar.

Die DE 42 11 171 A1 schlägt zur Erkennung von interessierenden Mustern ein Verfahren vor, das Kreuzrelation kleiner singulärer Ausschnitte des gesamten interessierenden Musters durch blockweise fortschreitende Bilderkennung über ein eingelerntes Klassifikationsnetzwerk anwendet.

Aus der DE 43 08 776 C2 ist eine Einrichtung zum Überwachen des Außenraums eines Fahrzeugs bekannt, welches über eine Fahrspur auf einer Straße fährt, die durch ausgedehnte weiße Linien definiert ist. Mittels Bildverarbeitung wird der Verlauf der Straße anhand von dreidimensionalen Positionsinformationen von Abschnitten der weißen Linien ermittelt. Durch Ausnützen der dreidimensionalen Positionsinformationen der weißen Linien werden die weißen Linien von dreidimensionalen Objekten getrennt. Für jeden Abschnitt wird die vertikale Ausdehnung von möglichen Objekten ermittelt. Als Ergebnis lassen sich die Koordinaten für interessierende dreidimensionale Objekte, wie Kraftfahrzeuge, Motorräder oder Fußgänger, im Koordinatensystem des Fahrzeugs festlegen. Zusätzlich kann bestimmt werden, um welches Objekte es sich handelt.

Die in der DE 43 08 776 C2 beschriebene Vorgehensweise der Überwachen des Außenraums eines Fahrzeugs ist sehr rechenintensiv. Es ist stets notwendig den Verlauf des erfaßten Straßenbereichs zu ermitteln, um die Position von Objekten in diesem Straßenverlauf bestimmen zu können. Da in einem Kraftfahrzeug nur begrenzte Rechenleistung zur Verfügung steht, ist eine derartige Überwachungseinrichtung für den praktischen Einsatz wenig geeignet. Zudem ist die bekannte Überwachungseinrichtung stets auf das Vorhandensein weißer Begrenzungslinien angewiesen, welche sich nicht an allen Straßenverläufen finden lassen.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, ein Verfahren zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung anzugeben, welches eine zuverlässige Erfassung von Objekten, insbesondere von Fahrzeugen vor und/oder hinter dem Straßenfahrzeug und deren situativer Relevanz aufgrund seiner Lage zum Straßenfahrzeug ermöglicht.

Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Die Unteransprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen des Erfindungsgegenstandes.

Demgemäß ist ein Verfahren zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung vorgesehen, bei welchem die Entfernung eines bewegten oder stehenden Fahrzeugs zu einem oder mehreren Objekten durch entfernungsisierte Bildsegmentierung mittels Stereobildverarbeitung berechnet wird und Eigenschaften der detektierten Objekte durch Objekterkennung in den segmentierten Bildbereichen ermittelt werden.

Die Bestimmung der Eigenschaften der detektierten Objekte soll der Klärung ihrer Relevanz für das eigene Fahrzeug dienen und somit zum Situationsverständnis beitragen.

Die Detektion kann vorzugsweise nach vorne oder nach hinten erfolgen und etwa für Stauwarnung, Abstandsregelung zum Vordermann oder Rückraumüberwachung eingesetzt werden. Ein wichtiger Gesichtspunkt ist hierbei, daß die situative Relevanz bzw. das Gefahrenpotential der detektierten Objekte aus deren Abstand zum eigenen Fahrzeug und der ermittelten Relativgeschwindigkeit ermittelt wird.

Anstelle der Auswertung von Stereobildpaaren, die von einer Stereoanordnung bestehend aus optischen Sensoren oder Kameras aufgenommen werden, können prinzipiell auch einzeln aufgenommene Bilder unterschiedlicher Herkunft zur Entfernungsbestimmung ausgewertet werden.

Gemäß einem Grundgedanken werden Bildbereiche erhabener Objekte und/oder flacher Objekte ermittelt. Erhabene Objekte und/oder flache Objekte werden durch Zusammenfassen von 3D-Punkten nach vorbestimmten Kriterien detektiert. Das Zusammenfassen wird auch als Clusterung bezeichnet. Dabei werden die erhabenen Objekte durch Merkmale mit ähnlichen Abstandswerten und flache Objekte durch Merkmale mit ähnli-

chen Höhenwerten bestimmt. Durch diese Vorgehensweise können Objekte nicht nur zuverlässig hinsichtlich ihrer Entfernung sondern auch hinsichtlich bestimmter Merkmale erkannt und bewertet werden. Eine Unterscheidung zwischen erhabenen und flachen Objekten ist somit leicht möglich.

Merkmale ähnlicher Abstandswerte und/oder ähnlicher Höhe werden zusammengefaßt, um Cluster zu bilden. Diese Unterscheidung zwischen erhabenen und flachen Objekten ist für die sichere Objekterkennung, z.B. die Erkennung von anderen Kraftfahrzeugen und die Unterscheidung zu Straßenmarkierungen sehr wichtig. Da heutzutage in modernen Kraftfahrzeugen entsprechend hohe Rechenleistungen realisierbar sind, ist eine derartige Bildsegmentierung mittels Entfernungsbestimmung und Clusterung sicher und schnell durchführbar

Die detektierten, erhabenen Objekte können insbesondere Straßenfahrzeuge, Leitpfosten, Brückenpfeiler, Laternenmasten usw. sein, wohingegen die detektierten, flachen Objekte insbesondere Straßenmarkierungen und -begrenzungen wie Bordsteine, Leitplanken usw. sein können. Somit lässt sich beispielsweise die Position eines Straßenfahrzeugs in einer bestimmten Fahrspur auf einfache Weise ermitteln.

Zusätzlich ist es vorteilhaft, die relative Lage und die Relativgeschwindigkeit der detektierten Objekte zueinander und zum bewegten Fahrzeug zu kennen, um die situative Relevanz der detektierten Objekte zu ermitteln. Hierzu wird die Abstandsmessung ausgewertet und eine fahrspurgenaue Objektzuordnung ermittelt.

Bei der Bildsegmentierung kann eines der aufgenommenen Stereobildpaare nach signifikanten Merkmalen von zu erfassenden Objekten abgetastet werden. Der Abstand der signifikanten Merkmale lässt sich dann durch Vergleichen der jeweiligen Merkmale in einem Stereobild des Stereobildpaars mit denselben korrespondierenden Merkmalen im zeitgleich aufgenommenen anderen Stereobild des Stereobildpaars mittels

Kreuzrelation bestimmen, wobei die dabei auftretenden Disparitäten ausgewertet werden.

Durch Bestimmen des Abstands signifikanter Merkmale im Pixelbereich werden 3D-Punkte in der realen Welt relativ zum Koordinatensystem der Meßeinrichtung ermittelt. Die so gewonnenen Informationen von 3D-Punkten sind somit von unterschiedlichen Objekten bestimmt, wie etwa Fahrzeuge, Straßenmarkierungen, Leitplanken usw..

Es können zur Objekterkennung Objekthypothesen ermittelt werden, welche durch Vergleich von Objektmodellen verifiziert werden.

So lassen sich zur Objekterkennung die segmentierten Bildbereiche nach vorbestimmten, statistisch verifizierten 2D-Merkmalen der zu erkennenden Objekte abtasten und die detektierten Objekte unter Verwendung eines neuronalen Netzes zur Klassifikation einer bestimmten Objektart vergleichen. Auf diese Weise wird eine zuverlässige Objekterkennung durchgeführt.

Die relevanten Objekte können über die Zeit verfolgt und deren Abstand und laterale Position relativ zum eigenen Fahrzeug bestimmt werden, um das dynamische Verhalten der relevanten Objekte zu bewerten. Erst mit Kenntnis des dynamischen Verhaltens der ermittelten Objekte sind sinnvolle Reaktionen des Fahrers oder des Fahrzeuges möglich. Eine „vorausschauende“ Fahrweise wird somit gefördert.

Weiterhin können durch dieses sogenannte Tracking sporadisch auftretende Phantomobjekte unterdrückt und die gesamte Erkennungsleistung gesteigert werden. So lässt sich die Anzahl der zu klassifizierenden extrahierten Bildbereiche im Bild reduzieren, wenn diese durch eine einfache zeitliche Verfolgung auf ihre örtliche Konsistenz hin überprüft werden. Durch Tracking der detektierten Objekte über die Zeit können die Objekteigenschaften wie z.B. Entfernung,

Relativgeschwindigkeit und Relativbeschleunigung beispielsweise unter Verwendung eines Kalmanfilters von Meßrauschen befreit werden.

Neben dem beschriebenen stereobasierten Ansatz sind prinzipiell auch Objekterfassungsverfahren auf der Basis von Radar- und/oder Infrarotsignalen im Fernbereich möglich.

Anhand der nachstehenden Beschreibung im Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen werden weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung deutlicher.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Verfahrensschritte gemäß der Erfindung;

Fig. 2 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der Entfernungsbestimmung bei parallel angeordneten Kameras gleicher Brennweite.

Fig. 3 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der Korrespondenzsuche mittels Kreuzkorrelation;

Fig. 4 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der 2D Merkmalsextraktion bei der Auswertung durch ein neuronales Netz gemäß der Erfindung.

Fig. 5 eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der Koordinatennormierung; und

Fig. 6 eine Darstellung eines Entfernungsprofils eines näherkommenden Fahrzeugs.

Im folgenden wird die Bildsegmentierung mittels Stereobildverarbeitung beschrieben, bei der erhabene Objekte

detektiert werden. Dies wird durch Clusterung einzelner Merkmale mit ähnlichen Entfernungswerten durchgeführt. Anschließend wird ein Fahrzeugerkennungsverfahren vorgestellt, mit dem Straßenfahrzeuge in den segmentierten Bildbereichen erkannt werden. Fahrzeugtypische Merkmale werden hierzu extrahiert und anschließend mit der internen Fahrzeugmodellvorstellung eines neuronalen Netzes verglichen. Die prinzipielle Vorgehensweise ist schematisch in Figur 1 gezeigt.

Eine Monobildverarbeitung ist bei Einsatz ähnlicher Mittel und ähnlichem Vorgehen grundsätzlich auch möglich.

Die Eigenschaft der Erhabenheit von Straßenfahrzeugen gegenüber der Straße dient dem hier vorgestellten Verfahren zur Bildsegmentierung. Hierzu wird ein Stereokamerasytem eingesetzt, mit dem es möglich ist, Entfernungswerte signifikanter Merkmale, die im Kamerabild an Straßenfahrzeugen auftreten, zu bestimmen. Mittels dieser Information ist eine Aussage über erhabene Objekte möglich. Die ständig wachsende Rechenleistung, die im Fahrzeug verfügbar ist, erlaubt heutzutage die echtzeitfähige Analyse von Stereo-bildpaaren.

Es ist auch möglich, zuverlässig zu ermitteln, auf welcher Fahrspur sich ein erfaßtes Straßenfahrzeug befindet. Es läßt sich dann eine Aussage über die situative Relevanz dieses erfaßten Straßenfahrzeugs aufgrund seiner Lage zum eigenen Fahrzeug treffen. Dementsprechend kann dann der Fahrer und/oder das eigene Fahrzeug reagieren.

Obwohl fahrzeugtaugliche Radarsysteme keine ausreichende laterale Auflösung für eine Spurzuordnung bieten, Infrarotsysteme Auflösungs- und Reichweitenprobleme besitzen und Ultraschall generell für den Nahbereich einsetzbar ist, ist es prinzipiell denkbar, diese Systeme anstelle oder in Kombination zu Stereokamerasystemen einzusetzen.

Das Prinzip der Entfernungsbestimmung bei der verwendeten parallelen Kameraanordnung ist in Figur 2 auf Basis des Lochkameramodells dargestellt. Der Punkt P in der Welt wird über die Projektionszentren auf die Sensoroberflächen jeder Kamera projiziert.  $u_0$  bzw.  $u_1$  stellen die Abweichung vom Projektionszentrum dar. Ihre Differenz

$$\Delta u = u_0 - u_1$$

wird als Disparität  $\Delta u$  bezeichnet. Mittels Trigonometrie und den Größen der Kameraanordnung (Brennweite  $f$  und Basisweite  $b$ ) kann der Abstand  $d$  berechnet werden.

$$d = \frac{f \cdot b}{\Delta u}$$

Hierbei stellt  $b$  die Basisbreite,  $f$  die Brennweite und  $d$  den Abstand zum Punkt P dar.  $u_0$  und  $u_1$  sind die Entferungen der Projektionen des Punktes P auf die Sensoroberfläche.

Im ersten Verarbeitungsschritt der Bildsegmentierung wird in einem der Stereobildpaare nach signifikanten Merkmalen gesucht. Nur zu Versuchszwecken lässt sich eine entsprechende (nicht gezeigte) Darstellung auf einem Bildschirm oder einer anderen Anzeigeeinrichtung darstellen. Signifikante Merkmale liefern z.B. Kanten, die zuverlässig bei Straßenfahrzeugen auftreten. Die Orte der selektierten Kanten, die den zu korrelierenden Bildbereich des zweiten Verarbeitungsschritts definieren, lassen sich etwa durch rechteckige Rahmen in der Bildschirmdarstellung markieren.

Zur Bestimmung des Abstandes der am Bildschirm dargestellten Merkmale werden die jeweiligen Disparitäten durch Vergleich mit dem zeitgleich aufgenommenen zweiten Stereobild ermittelt. Hierzu findet eine Suche jedes rechteckigen Bildbereiches mittels Kreuzkorrelation im korrespondierenden Bild statt.

In Figur 3 ist eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der Korrespondenzsuche mittels Kreuzkorrelation gezeigt.

Aufgrund der parallelen Ausrichtung der Kameras lässt sich der Suchbereich in vertikaler Richtung auf die Epipolare, in dem in Figur 3 gezeigten Falle die jeweilige Zeile, einschränken. In horizontaler Richtung wird im korrespondierenden Bild je nach zulässigen Disparitäten der entsprechende Suchbereich definiert.

Durch Verwendung der KKFMF (lokale mittelwertfreie, normierte Kreuzkorrelationsfunktion) als Korrelationsfunktion wirken sich Helligkeitsunterschiede in den Bildpaaren, die z.B. durch unterschiedliche Sonneneinstrahlung oder unterschiedliche Regelung der Kameras auftreten, nur geringfügig auf den Korrelationswert aus.

Der Korrelationskoeffizient der KKFMF wird folgendermaßen berechnet:

$$KKMF(x, y) = \frac{\sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{m-1} (\overline{F(i, j)} \cdot \overline{P_r(x+i, y+j)})}{\sqrt{\sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{m-1} \overline{F(i, j)}^2 \cdot \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{m-1} \overline{P_r(x+i, y+j)}^2}}$$

Die Werte  $\overline{F(i, j)}$  und  $\overline{P_r(x+i, y+j)}$  repräsentieren die mittelwertfreien Grauwerte der rechteckigen Bildbereiche  $F(i, j)$  und  $P_r(x+i, y+j)$ . Aufgrund der Normierung bewegen sich die Ergebnisse der KKFMF im Intervall  $[-1, 1]$ . Der Wert 1 steht für paarweise Übereinstimmung, -1 für entsprechend inverse Übereinstimmung.

Im letzten Verarbeitungsschritt der Bildsegmentierung findet eine Zusammenfassung (Clusterbildung) von Merkmalen mit ähnlichen Abstandswerten statt (vgl. Figur 1). Die relative

Höhe der gebildeten Cluster wird mit einer festen Mindesthöhe verglichen, um ein erhabenes Objekt sicherzustellen. Erhabene Objekte sind dabei durch Merkmale mit ähnlichen Abstandswerten und flache Objekte durch Merkmale mit ähnlichen Höhenwerten bestimmt.

Die resultierenden Cluster lassen sich zu Versuchszwecken in eine (nicht gezeigte) reale Bildschirmsdarstellung der beobachteten Szene als Rahmen einblenden. Zusätzlich lassen sich an den Rahmen die zu den segmentierten Bildbereichen gehörenden Entfernungswerte in Zahlenwerten angeben.

Neben Fahrzeugen werden auch andere erhabene Objekte, wie z.B. Leitpfosten und Straßenränder segmentiert. Um fehlerhafte Objekthypothesen zu verwerfen, wird dem stereobasierten Objektsegmentierungsprozeß innerhalb der detektierten Bildbereiche eine 2D-Objekterkennung nachgeschaltet.

Im Folgenden wird nun die 2D-Merkalsextraktion und die Fahrzeugarkennung beschrieben. Diese Verarbeitungsschritte sind ebenfalls in der Figur 1 dargestellt.

Straßenfahrzeuge weisen in der Bildebene signifikante Merkmale, z.B. Kanten und Ecken sowie Symmetrie auf. Diese Merkmale wurden zur Suche empirisch ermittelt und durch direkten Vergleich mit einem Fahrzeugmodell die Erkennung von Straßenfahrzeugen durchgeführt. In dem hier gezeigten Verfahren wird nach statistisch verifizierten 2D-Merkmalen gesucht, die anschließend mit der internen Modellvorstellung von Fahrzeugen eines neuronalen Netzes verglichen werden. In Figur 4 ist eine schematische Darstellung zur Verdeutlichung des Prinzips der 2D Merkalsextraktion bei der Auswertung durch ein neuronales Netz gezeigt.

Zur Ermittlung signifikanter und statistisch verifizierter 2D-Merkmale von Straßenfahrzeugen wurde ein Datensatz von 50 Bildern, die Autos in verschiedenen Szenen zeigen, zu Grunde gelegt. Unter Verwendung der unten aufgeführten Ver-

fahren fand eine Bestimmung von mehreren 9x9 großen typischen Mustern statt, die in den verwendeten Szenen gehäuft auftreten (weiterhin als Vergleichsmuster bezeichnet).

Die Vergleichsmuster treten an bestimmten Stellen des Fahrzeugs typisch auf. Beispielsweise können die Merkmale im unteren Bereich der Fahrzeuge vorkommen. An diesen Stellen weisen die meisten Straßenfahrzeuge ähnliche strukturellen Flächen auf. Diese sind beispielsweise der Schatten unter dem Auto und die Ecken an den Reifen sowie der Verlauf der strukturellen Flächen an den Scheinwerfern.

In den segmentierten Bildbereichen wird ein Suchfenster zur Berechnung der durch die vorgegebenen Vergleichsmuster bestimmten Merkmale definiert. Entsprechend der Entfernung des hypothetischen Objektes wird ein in der Größe angepaßtes Suchfenster definiert und mit den Vergleichsmustern korreliert. Die Orte im Suchfenster, die ein lokales Maximum der Korrelationsfunktion aufweisen, kennzeichnen signifikante Merkmale, wie Figur 5 zeigt.

Aus den Koordinaten der Extrema und der zugeordneten Vergleichsmuster erhält man die Eingangsmerkmale für das eingesetzte feedforward-Netz. Dieses wurde für das Auftreten typischer Merkmalskonstellationen, die Fahrzeuge kennzeichnen, trainiert.

Das erfindungsgemäße, echtzeitfähige Verfahren zur stereobasierten Verfolgung von Objekten in großer Entfernung wurde in realen Straßenszenen erprobt. In Figur 6 sind die gemessenen Entfernungswerte eines sich nährenden Fahrzeugs dargestellt. Wie in Figur 6 ersichtlich, tritt in 100 Meter Entfernung eine Messungenauigkeit von ca.  $\pm 50$  cm auf.

Um die ermittelten Entfernungswerte rauschfrei und weitgehend frei von Meßfehlern aufgrund fehlerhaft ermittelter Korrespondenzen zu halten, bietet sich der Einsatz eines Kalmanfilters an, der durch die zeitliche Betrachtung der

Meßwerte aussagekräftigere Ergebnisse liefert. Durch die Erweiterung der 2D-Merkmalsextraktion um Texturmaße und Symmetrieoperatoren, sind weitere Potentiale zur Verbesserung des vorgestellten Verfahrens gegeben.

Zusammenfassend ist festzuhalten, daß mit dem erfindungsmaßen Verfahren eine zuverlässige Abstandsbestimmung und Erkennung von Objekten, insbesondere von Straßenfahrzeugen vor und/oder hinter einem fahrenden Fahrzeug bis in große Entfernung möglich ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Detektion von Objekten im Umfeld eines Straßenfahrzeugs bis in große Entfernung, bei welchem die Entfernung eines bewegten oder stehenden Fahrzeugs zu einem oder mehreren Objekten durch entfernungsba- sierte Bildsegmentierung mittels Stereobildverarbeitung berechnet wird und Eigenschaften der detektierten Ob- jekte durch Objekterkennung in den segmentierten Bild- bereichen ermittelt werden,  
dadurch gekennzeichnet, daß Bildbereiche erhabener Objekte und/oder flacher Objekte ermittelt werden, und  
erhabene Objekte und/oder flache Objekte durch Zusam- menfassen (Clusterung) von 3D-Punkten nach vorbestimm- ten Kriterien detektiert werden, wobei erhabene Objekte durch Merkmale mit ähnlichen Abstandswerten und flache Objekte durch Merkmale mit ähnlichen Höhenwerten be- stimmt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß die detektierten, erhabenen Objekte insbesondere Stra- ßenfahrzeuge und/oder die detektierten, flachen Objekte insbesondere Straßenmarkierungen und -begrenzungen sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß die relative Lage und die Relativgeschwindigkeit der detektierten Objekte zueinander und zum bewegten Fahr- zeug durch Auswerten der Abstandsmessung ermittelt wer-

den, um eine fahrspurgenaue Objektzuordnung und/oder die situative Relevanz der detektierten Objekte zu ermitteln.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, durch gekennzeichnet, daß eines der aufgenommenen Stereobildpaare nach signifikanten Merkmalen von zu erfassenden Objekten abgetastet wird, und der Abstand der signifikanten Merkmale durch Vergleichen der jeweiligen Merkmale in einem Stereobild des Stereobildpaars mit denselben korrespondierenden Merkmalen im zeitgleich aufgenommenen anderen Stereobild des Stereobildpaars bestimmt wird, wobei die dabei auftretenden Disparitäten mittels Kreuzkorrelation ausgewertet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, durch gekennzeichnet, daß durch Bestimmen des Abstands signifikanter Merkmale im Pixelbereich 3D-Punkte in der realen Welt relativ zum Koordinatensystem der Meßeinrichtung bestimmt werden.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, durch gekennzeichnet, daß zur Objekterkennung Objekthypothesen ermittelt werden, welche durch Vergleich von Objektmodellen verifiziert werden.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, durch gekennzeichnet, daß zur Objekterkennung die segmentierten Bildbereiche nach vorbestimmten, statistisch verifizierten 2D-Merkmalen der zu erkennenden Objekte abgetastet werden, und die detektierten Objekte unter Verwendung eines neuronalen Netzes zur Klassifikation einer bestimmten Objektart verglichen werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die relevanten Objekte über die Zeit verfolgt (Tracking) und deren Abstand und laterale Position relativ zum eigenen Fahrzeug bestimmt werden, um das dynamische Verhalten der relevanten Objekte zu bewerten.
  
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Objekte mittels Radar- und/oder Infrarotsensoren und/oder einer Stereo- oder Monoanordnung optischer Sensoren oder Kameras detektiert werden.

1/6

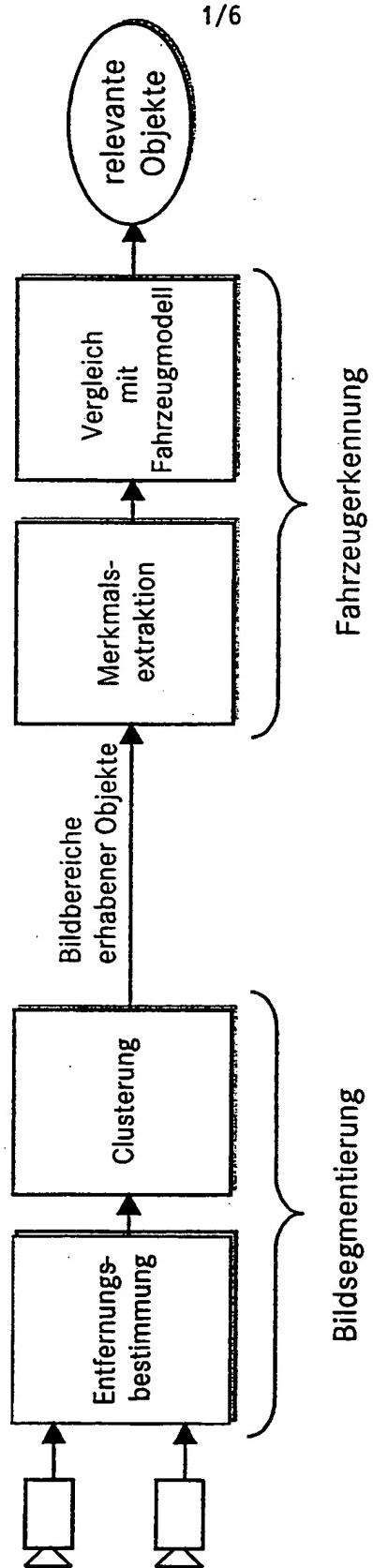


Fig. 1

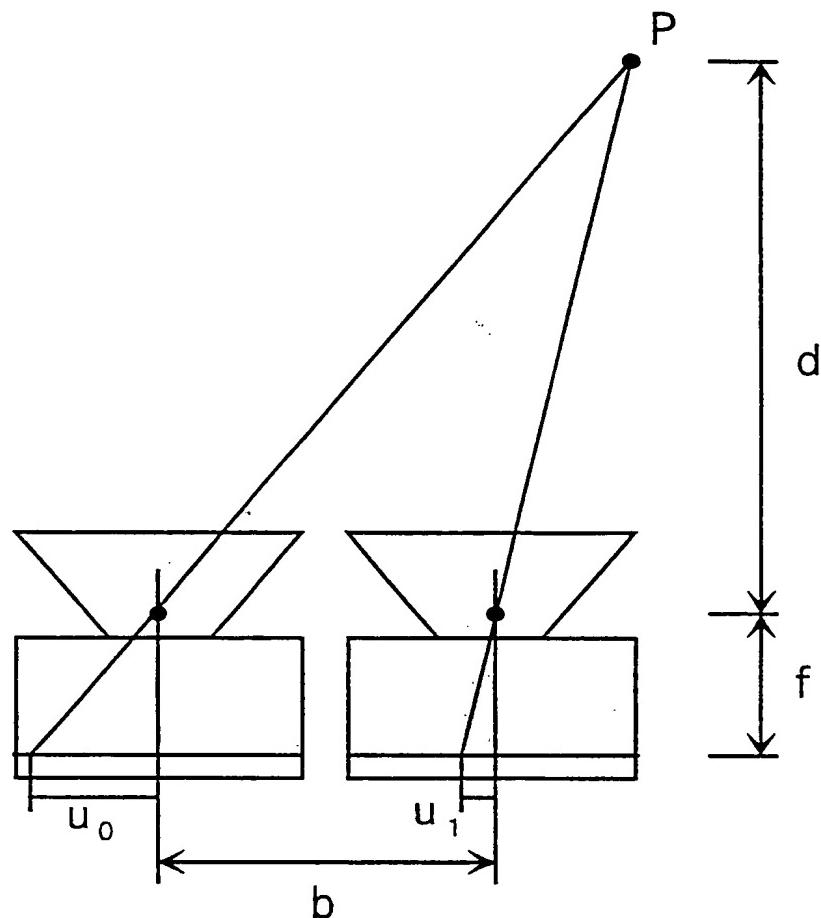
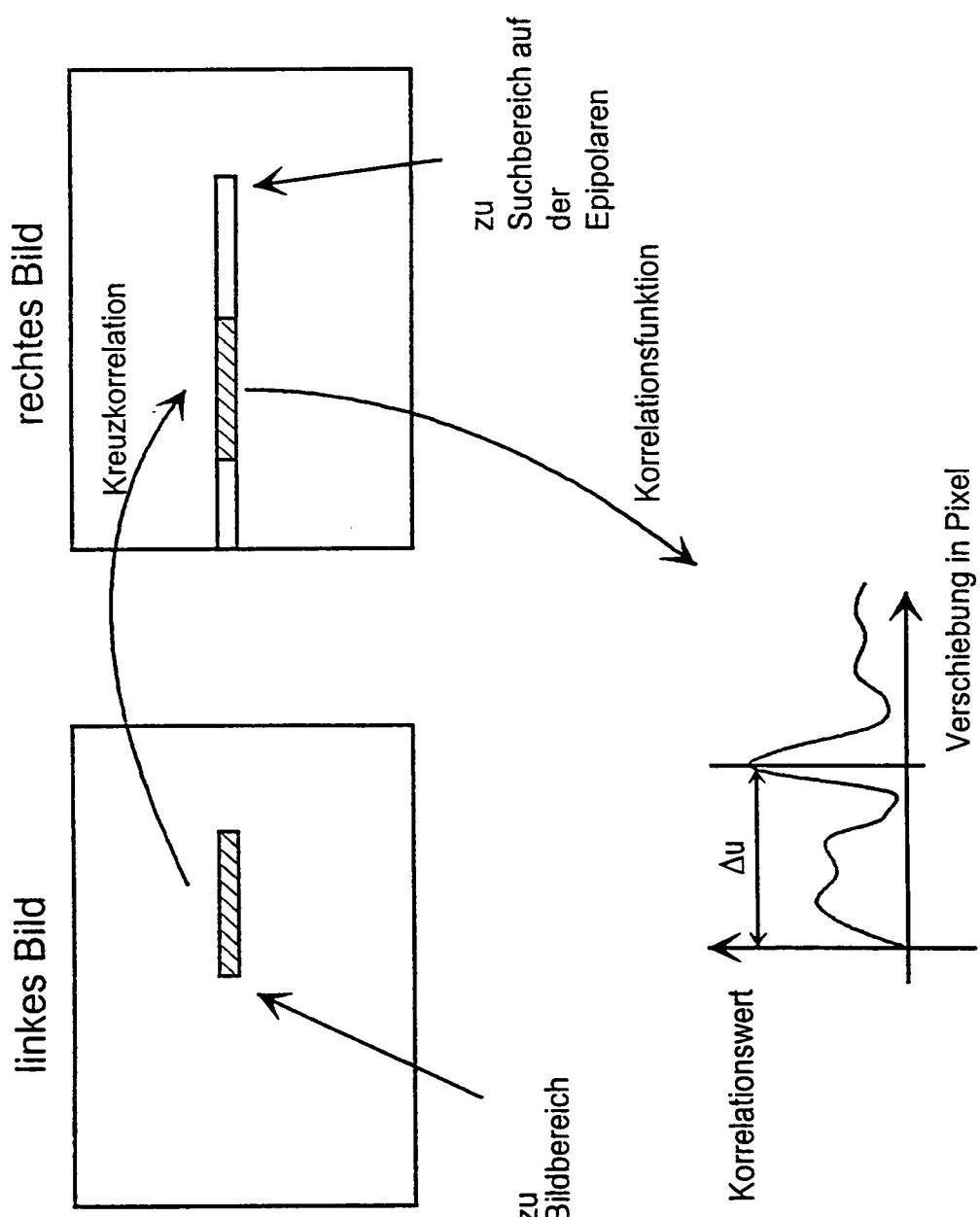
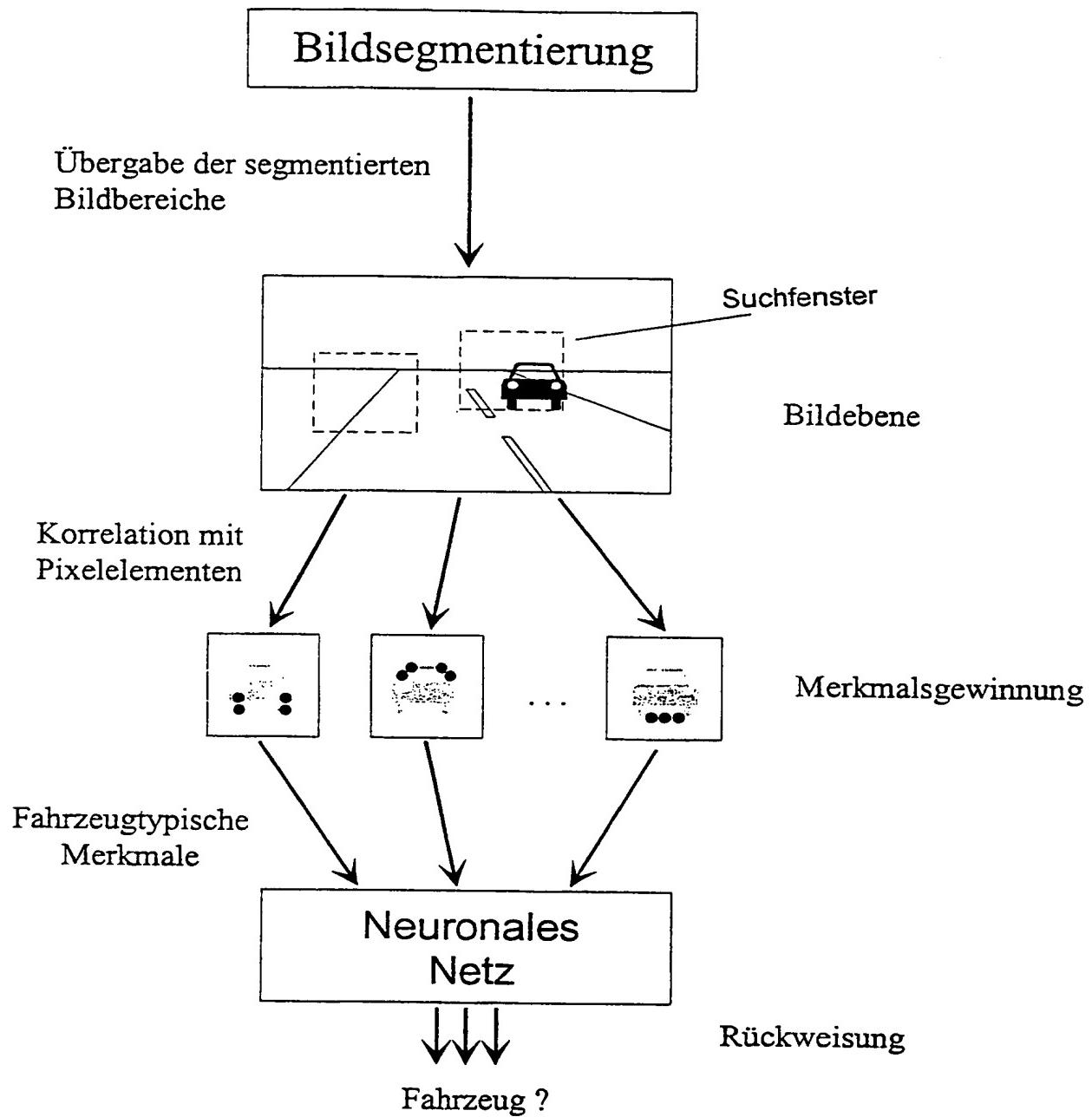


Fig. 2



**Fig. 3**



**Fig. 4**

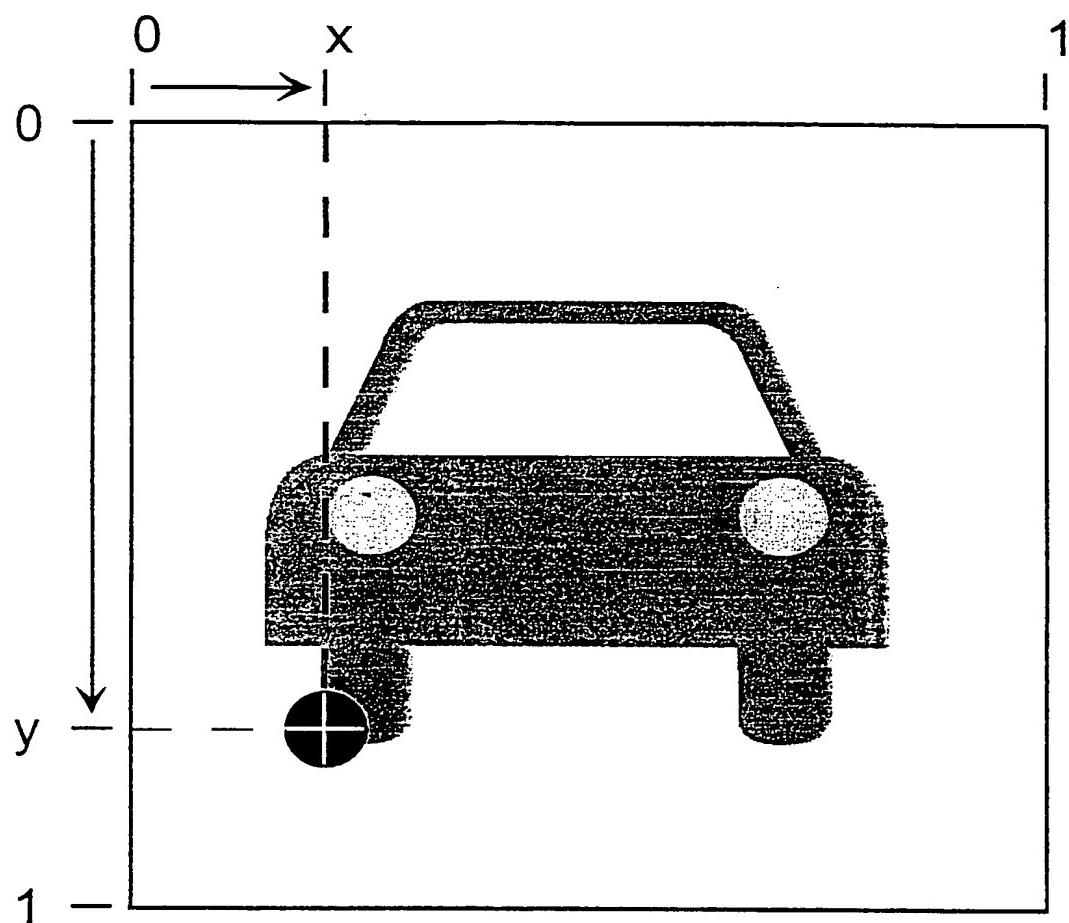


Fig 5

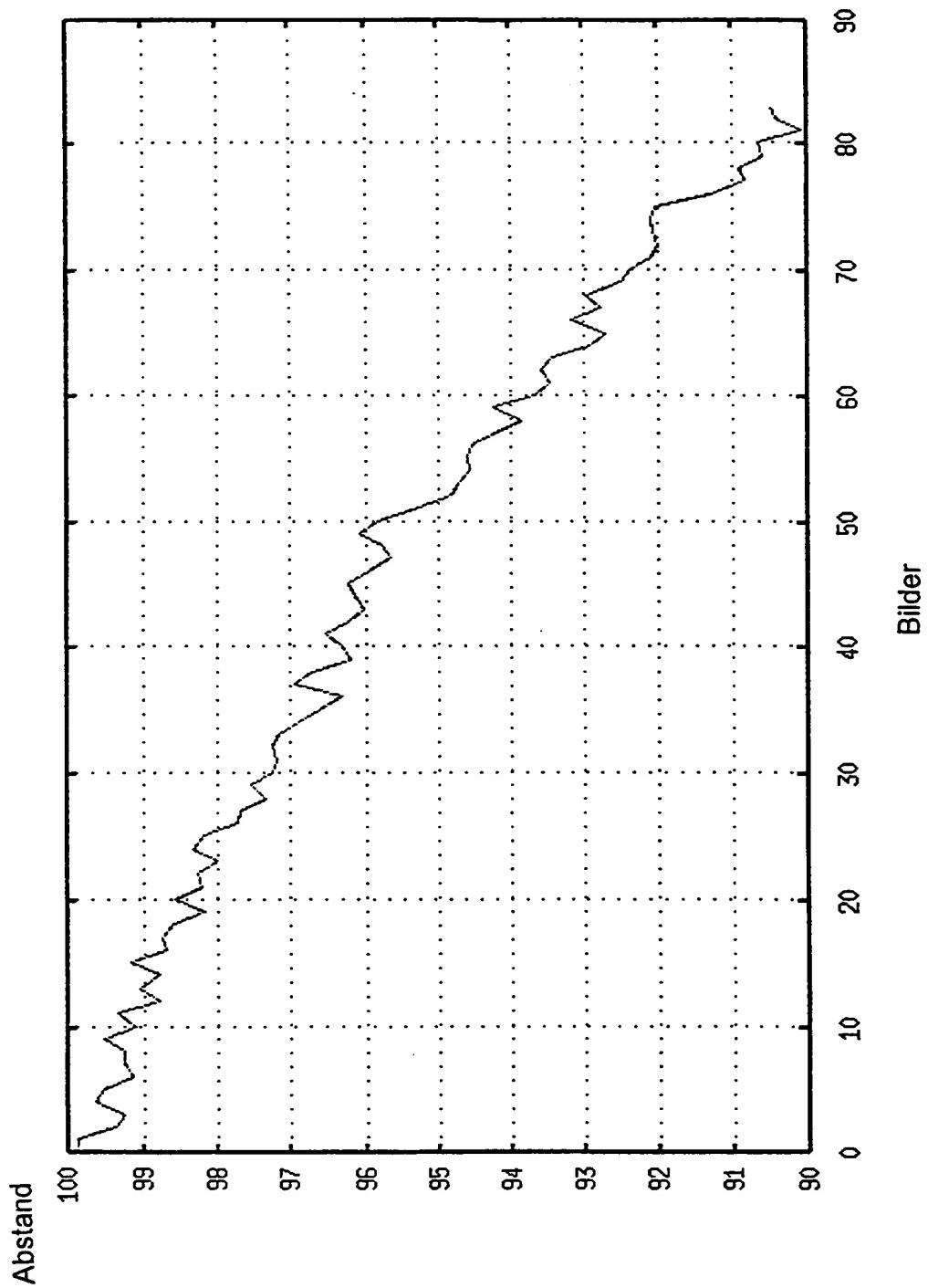


Fig. 6

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 00/05337

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G06T7/00 G06T5/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G06T

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, PAJ, INSPEC, EPO-Internal, IBM-TDB

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 874 331 A (FUJI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 28 October 1998 (1998-10-28) column 3, line 38 - line 45 column 9, line 26 - line 28 column 11, line 53 -column 12, line 14	1-4

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

3 November 2000

Date of mailing of the international search report

13/11/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Chateau, J-P

1

## INTERNAL NATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

Int'l Application No

PCT/EP 00/05337

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 874331 A	28-10-1998	JP 10285582 A	US 6122597 A	23-10-1998 19-09-2000

# INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Int'l. nationales Aktenzeichen  
PCT/EP 00/05337

**A. KLASSEFIZIERTUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G06T7/00 G06T5/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G06T

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

WPI Data, PAJ, INSPEC, EPO-Internal, IBM-TDB

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 874 331 A (FUJI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA) 28. Oktober 1998 (1998-10-28) Spalte 3, Zeile 38 - Zeile 45 Spalte 9, Zeile 26 - Zeile 28 Spalte 11, Zeile 53 - Spalte 12, Zeile 14	1-4

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannter Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindenderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindenderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

3. November 2000

13/11/2000

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Chateau, J-P

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/EP 00/05337**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 874331 A	28-10-1998	JP 10285582 A US 6122597 A	23-10-1998 19-09-2000

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

3

Applicant's or agent's file reference P032258/WO/1	FOR FURTHER ACTION SeeNotificationofTransmittalofInternational Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/EP00/05337	International filing date (day/month/year) 09 June 2000 (09.06.00)	Priority date (day/month/year) 11 June 1999 (11.06.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC G06T 7/00		
Applicant DAIMLERCHRYSLER AG		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.

2. This REPORT consists of a total of 5 sheets, including this cover sheet.

This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).

These annexes consist of a total of 22 sheets.

3. This report contains indications relating to the following items:

- I  Basis of the report
- II  Priority
- III  Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- IV  Lack of unity of invention
- V  Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- VI  Certain documents cited
- VII  Certain defects in the international application
- VIII  Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 21 December 2000 (21.12.00)	Date of completion of this report 23 August 2001 (23.08.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/EP00/05337

## I. Basis of the report

## 1. With regard to the elements of the international application:\*

 the international application as originally filed the description:

pages \_\_\_\_\_, as originally filed

pages \_\_\_\_\_, filed with the demand

pages \_\_\_\_\_ 1-13, filed with the letter of 06 August 2001 (06.08.2001)

 the claims:

pages \_\_\_\_\_, as originally filed

pages \_\_\_\_\_, as amended (together with any statement under Article 19)

pages \_\_\_\_\_, filed with the demand

pages \_\_\_\_\_ 1-6, filed with the letter of 06 August 2001 (06.08.2001)

 the drawings:

pages \_\_\_\_\_, as originally filed

pages \_\_\_\_\_, filed with the demand

pages \_\_\_\_\_ 1/6-6/6, filed with the letter of 06 August 2001 (06.08.2001)

 the sequence listing part of the description:

pages \_\_\_\_\_, as originally filed

pages \_\_\_\_\_, filed with the demand

pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

## 2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language \_\_\_\_\_ which is:

 the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)). the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)). the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

## 3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

 contained in the international application in written form. filed together with the international application in computer readable form. furnished subsequently to this Authority in written form. furnished subsequently to this Authority in computer readable form. The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished. The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.4.  The amendments have resulted in the cancellation of: the description, pages \_\_\_\_\_ the claims, Nos. 7-9 the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_5.  This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).\*\*

\* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

\*\* Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.  
PCT/EP 00/05337

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

## 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1 - 6	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1 - 6	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1 - 6	YES
	Claims		NO

## 2. Citations and explanations

This report makes reference to the following document:

D1: EP-A-0 874 331 (Fuji Jukogyo KK) 28 October 1998.

The present application meets the requirements of PCT Article 33(2) and (3), since the subject matter of Claim 1 is novel and involves an inventive step. The reasons for this are as follows:

Claim 1:

D1 discloses:

- a method for detecting objects within a wide range of a road vehicle (see abstract, lines 1-4)
- in which the distance between a moving or stationary vehicle and one or more objects is calculated by distance-based image segmentation using stereoscopic image processing techniques (see column 3, lines 16-18 and lines 38-46) and
- properties of the detected objects are determined by object recognition in the segmented image areas (see column 12, lines 4-12),
- the image areas of raised and/or flat objects being detected by the clustering of 3D points according to predetermined criterion (see column 6, lines 7-16),

- the raised objects being determined by features with similar distance values and the flat objects being determined by features with similar height values (see column 6, lines 16-22), and
- the relevant objects being tracked over time and their distance and lateral position relative to the subject vehicle being determined in order to evaluate the dynamic behavior of the relevant objects (implicit, since, in D1, the distance image is divided into regions in the lateral direction away from the vehicle and a histogram is prepared for the distance values in the individual regions in order to determine the distances of individual objects from this histogram (see column 6, lines 16-22)). In order to determine the relative speed of the objects on the road relative to the subject vehicle, tracking of these objects is implicitly required, since the changing size and position of the objects, and thus their relative speed, can be determined only from a plurality of temporally subsequent images.

However, D1 does not describe the features of the characterizing part of Claim 1:

- that object hypotheses are determined in order to recognize objects, these hypotheses being verified by comparing object models, wherein
- the segmented image areas being surveyed according to predetermined statistically verified 2D features of the objects to be recognized, and
- the detected objects are compared using a neuronal network for classifying a particular object type.

In D1, an object is recognized by the clustering of picture elements located at higher positions than the road surface with similar distance values (see column 6, lines

7-16). The possibility of a collision or contact with objects and/or vehicles on the road is determined by the position and the size of the objects/vehicles and the speed of the objects relative to the subject vehicle and this possibility is then communicated (see column 6, lines 52-58).

Objects are therefore determined only via the clustered image points; the establishment of object hypotheses and the use of a neuronal network for classifying objects are not obvious from D1.

An inventive step (PCT Article 33(3)) was therefore involved.